



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES  
FÍSICAS, MECÁNICAS Y MICROESTRUCTURALES  
DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE  
NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Bach. Sanchez Chicana John Antony

<https://orcid.org/0000-0003-4594-928X>

**Asesor:**

Mg. Medrano Lizarzaburu Eithel Yvan

<https://orcid.org/0000-0001-6154-4392>

**Línea de Investigación:**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación:**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2024**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la **Escuela Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C., por lo que declaro bajo juramento ser autor del trabajo de investigación titulado:

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y MICROESTRUCTURALES DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE**

De esta manera, el texto adscrito en mi trabajo de investigación experimental responde y respeta los lineamientos indicados en el Código Institucional de Ética en Investigación (CIEI) de la Universidad Señor de Sipán (USS), conforme a los principios establecidos y detallados en el mismo, en relación entonces al control de originalidad de citas y referencias bibliográficas para prevenir el plagio, con el fin primordial de respetar la propiedad intelectual; siendo el caso, doy por sentado e informo que la investigación científica presentada cumple con ser un documento de carácter inédito, además de original y auténtico.

Entonces, en virtud de lo antes mencionado, firma:

Sánchez Chicana John Antony	DNI: 75598432	
-----------------------------	---------------	---

Pimentel, 29 de mayo del 2024

## REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**SÁNCHEZ CHICANA JOHN ANTONY\_TESIS CORTA.pdf**

AUTOR

**SÁNCHEZ CHICANA JOHN ANTONY**

RECuento de palabras

**12239 Words**

RECuento de caracteres

**58086 Characters**

RECuento de páginas

**35 Pages**

Tamaño del archivo

**714.4KB**

Fecha de entrega

**Jul 3, 2024 12:10 PM GMT-5**

Fecha del informe

**Jul 3, 2024 12:11 PM GMT-5**

### ● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y  
MICROESTRUCTURALES DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE  
NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE**

**Aprobación del Jurado**

---

ING. MEDRANO LIZARZABURU EITHEL YVAN

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

ING. IDROGO PÉREZ CESAR ANTONIO

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

ING. SÁNCHEZ DÍAZ ELVER

**Vocal del Jurado de Tesis**

## Índice

Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	15
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1. Resultados.....	22
3.2. Discusión .....	31
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
4.1. Conclusiones .....	34
4.2. Recomendaciones .....	35
REFERENCIAS .....	36
ANEXOS.....	44

## Índice de Figuras

Fig. 1. Esquemas de Tipo de Fallas por Rotura .....	11
Fig. 2. Ejemplificación del Ensayo por Flexión a Tercios de Tramo.....	13
Fig. 3. Obtención de NPMCu .....	16
Fig. 4. Descripción del Material como NPMCu de Alta Pureza.....	16
Fig. 5. Diagrama de Flujo de Proceso Generales.....	21
Fig. 6. Análisis SEM de una Muestra al 0.05% de NPMCu.....	31
Fig. 7. Diagrama de flujo de ensayos de materiales y el concreto.....	61
Fig. 8. Diagrama de flujo sobre la caracterización de los materiales.....	62
Fig. 9. Diagrama de flujo sobre la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del Concreto Patrón.....	63
Fig. 10. Diagrama de flujo sobre la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del CNMCu.....	64
Fig. 11. Diagrama de flujo sobre el estudio de el porcentaje óptimo de CNMCu vs el CP... 65	65
Fig. 12. Diagrama de flujo sobre la composición y evaluación de las propiedades microestructurales del concreto.....	66
Fig. 13. Variación de Temperatura para $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	67
Fig. 14. Variación de Temperatura para $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	67

Fig. 15. Asentamiento para $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	67
Fig. 16. Asentamiento para $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	68
Fig. 17. PU para $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	68
Fig. 18. PU para $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	68
Fig. 19. %AA para $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	69
Fig. 20. %AA para $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	69

## Índice de Tablas

TABLA I. NORMATIVA SOBRE LA RC DEL CONCRETO. ....	11
TABLA II NORMATIVA SOBRE LA RT DEL CONCRETO.....	12
TABLA III. NORMATIVA SOBRE LA RF DEL CONCRETO.....	12
TABLA IV. NORMATIVA SOBRE LA ME TRANSVERSAL DEL CONCRETO. ....	13
TABLA V. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE. ....	18
TABLA VI. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE. ....	19
TABLA VII. CUADRO RESUMEN DEL ESTUDIO DE AGREGADOS PARA EL DM .....	23
TABLA VIII. PROPORCIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA RESISTENCIAS DE $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> y $f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	23
TABLA IX. VARIACIÓN DE PROMEDIOS DE LA TEMPERATURA PARA CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	24
TABLA X. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA SLUMP EN EL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	25
TABLA XI. PESO O DENSIDAD UNITARIA $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	25
TABLA XII. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA EL %AA EN EL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	26
TABLA XIII. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RC DEL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	27
TABLA XIV. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RT DEL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	28
TABLA XV. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RF DEL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	29
TABLA XVI. VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA EL ME DEL CONCRETO $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> vs 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	30
TABLA XVII. PROPUESTA ECONÓMICA EN BASE A LA RC.....	31
TABLA XVIII. NORMATIVA SOBRE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS. ....	49
TABLA XIX. NORMATIVA SOBRE EL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS. ....	49
TABLA XX. NORMATIVA SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS. ....	49

TABLA XXI. NORMATIVA SOBRE EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS. ....	50
TABLA XXII. NORMATIVA SOBRE EL CEMENTO .....	50
TABLA XXIII. NORMATIVA SOBRE EL AGUA PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO. ....	50
TABLA XXIV. NORMATIVA SOBRE EL AGUA PARA EL CURADO DE ESPECÍMENES. ....	51
TABLA XXV. NORMATIVA SOBRE EL MEZCLADO PARA LA CONFORMACIÓN DEL CONCRETO .....	51
TABLA XXVI. NORMATIVA SOBRE EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP).....	51
TABLA XXVII. NORMATIVA SOBRE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO. ....	52
TABLA XXVIII. NORMATIVA SOBRE LA DENSIDAD O PESO UNITARIO. ....	52
TABLA XXIX. NORMATIVA SOBRE EL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO. ....	52
TABLA XXX. NORMATIVA SOBRE LA ELABORACIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO.....	53
TABLA XXXI. DISEÑO DE MEZCLA EN PROPORCIONES. ....	53
TABLA XXXII. DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES DEL Cu.....	53
TABLA XXXIII. ESPECIFICACIÓN SOBRE LA ELECCIÓN DE LAS NPMCu EN LABORATORIO....	54
TABLA XXXIV. CERTIFICATE OF ANALYSIS OF METALLIC COPPER NANOPARTICLES .....	54
TABLA XXXV. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y REQUISITOS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I .....	55
TABLA XXXVI. MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RC.....	55
TABLA XXXVII. MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RT. ....	56
TABLA XXXVIII. MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RF. ....	56
TABLA XXXIX. MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA ME. ....	57
TABLA XL. FORMATOS DE ENSAYOS Y FICHAS TÉCNICAS DE RESUMEN EN LABORATORIO. ....	58
TABLA XLI. DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN. .	59
TABLA XLII. ELECCIÓN DE PRUEBA ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA. ....	60
TABLA XLIII. RC DEL CONCRETO PARA $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	70
TABLA XLIV. RC DEL CONCRETO PARA $f_c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	70
TABLA XLV. RT DEL CONCRETO PARA $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	71
TABLA XLVI. RT DEL CONCRETO PARA $f_c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	71
TABLA XLVII. RF DEL CONCRETO PARA $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	72
TABLA XLVIII. RF DEL CONCRETO PARA $f_c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	72
TABLA XLIX. ME DEL CONCRETO PARA $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	73
TABLA L. ME DEL CONCRETO PARA $f_c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	73

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y MICROESTRUCTURALES DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE

## Resumen

En la actualidad, uno de los principales exponentes constructivos en la ingeniería es el concreto, el mismo está constantemente expuesto a diferentes tipos de campos y situaciones que ponen a prueba su efectividad, dado el caso este estudio experimenta el uso de nanopartículas como adición al diseño de mezcla del concreto patrón, dado el caso se busca analizar de manera comparativa la propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto con el aditivo catalizador denominado NPMCu, en porcentajes del 0.025%, 0.05%, 0.075 y 0.1% con resistencias para el concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> en tiempos de curado de 7, 14, 21 y 28 días; tomando como porcentaje de equilibrio óptimo el de CNCu al 0.05%. Entonces, como resultado se observó un incremento balanceado para la  $T^\circ$  en un 3.93%, para el peso unitario en un 0.07%, para % de aire atrapado en un 1.1%, para el slump en un 1.2%; así como para la resistencia a la compresión en un 49.25%, la resistencia a la tracción en un 24.4%, la resistencia a la flexión en un 10.15%, el módulo de elasticidad en un 0.9%, además los análisis de microestructura muestran una unión homogénea de cristales entre el concreto y las NPMCu encontrando compuestos químicos como el óxido cálcico en un 58.4%. Concluyendo entonces que, el concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre al 0.05% aumenta significativamente las propiedades del concreto sin disminuir alguna, mostrando el diseño una viabilidad para las construcciones con una capacidad portante óptima.

**Palabras clave:** Nanopartículas, cobre, concreto, propiedades físico – mecánicas y microestructurales

# COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH COPPER NANO-METALLIC PARTICLES

## Abstract

At present, one of the main constructive exponents in engineering is concrete, it is constantly exposed to different types of fields and situations that test its effectiveness, given the case this study experiments the use of nanoparticles as an addition to the mix design of the standard concrete, given the case we seek to analyze comparatively the physical, mechanical and microstructural properties of concrete with the catalyst additive called NPMCu, in percentages of 0.025%, 0.05%, 0.075 and 0.1% with concrete strengths of  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> and  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> at curing times of 7, 14, 21 and 28 days; taking CNMCu at 0.05% as the optimum equilibrium percentage. Then, as a result, a balanced increase was observed for  $T^\circ$  by 3.93%, for unit weight by 0.07%, for % entrapped air by 1.1%, for slump by 1.2%; as well as for compressive strength by 49.25%, tensile strength by 24.4%, flexural strength by 10.15%, modulus of elasticity by 0.9%, in addition, microstructure analyses show a homogeneous bonding of crystals between the concrete and the NPMCu, finding chemical compounds such as calcium oxide in 58.4%. Therefore, it is concluded that concrete with the incorporation of 0.05% copper nanoparticles significantly increases the properties of concrete without any decrease, showing the design feasibility for constructions with an optimum bearing capacity.

**Keywords:** Nanoparticles, copper, concrete, physical-mechanical and microstructural properties.

## I. INTRODUCCIÓN

En un contexto internacional, se entiende que la preservación de recursos alrededor del mundo es una problemática latente que afronta el ser humano, tal como expresa Shah & Lu [1] la conservación es fundamental para la supervivencia, siempre y cuando haya nuevas metodologías de implementación, no obstante, a diferencia de la ingeniería civil, la nanotecnología (NNTC) ha sido mayormente ocupada en la electrónica, biología y medicina, sobre todo cuando hablábamos de Nanopartículas (NNPs) Metálicas de Cobre (NMCu); debido a esto, Nagao [2], [3] nos explican que la NNTC faculta la exploración nuevos campos de estudio a razón de su implementación en todas las ramas de investigación científica.

Por ende, de acuerdo con Robbie [4] y Atiq [5] este contraste involucra el mundo de la ingeniería civil y el sector de las construcciones, a razón de tener como principal compuesto al concreto, para satisfacer su demanda creciente en obra, tomando como dato que a mediados del año 2019 ya se producían 4200 millones de toneladas de cemento, siendo este su componente principal. Ahora bien, en un enfoque global para la utilización de nanomateriales (NNMT), Villamor [6] explica que deben existir precedentes de impacto biológico, los mismos que nos oriente con base en parámetros (conforme lo explica [2]) por lo que debemos tener en cuenta la cohesión y material a utilizar (como las NPMCu).

Entonces según [7]-[8] es necesaria la información preventiva del uso de NNMT, sobre todo en el campo de la ingeniería civil, en donde se optará por la mayor practicidad, trabajabilidad y coste. Por esta razón [6]-[9] mencionan que existe NNPs que mitigan el daño que se genera por el efecto invernadero; en este sentido, Andrew [4], [10], [11] consideraron el factor de emisión de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento, afectando entonces a los mismos ecosistemas y biodiversidades, siendo estas NNPs elementos clave para darle un giro estratégico al empleo del concreto con aditivos como las NPMCu las misma que puede ser procesadas industrialmente, con costo de mercado y viabilidad constructiva real.

No obstante, Saldívar [12] y Gómez [13] establecen que tenemos un conocimiento imperfecto sobre el tratamiento de las NNPs, a lo que se debe responder con metodizar su

producción, pero como en México dando vigilancia al trato de la NNTC, ya que, por ejemplo, [14]-[15] tras su análisis mencionan que en un contexto actual solo se tiene aproximaciones más que certezas acerca del manejo a nivel de NNTC en el mundo de la ingeniería, asimismo, Asaad et al. [16] señalan que, siguen apareciendo novedosas aplicaciones tipo de NNPs en el mundo de la ingeniería, ya que un estudio en Suiza se planteó la idea de utilizar NNPs capaces de inhibir la reacción química de agentes nocivos para el concreto.

Es por ello que, [17]-[18] aluden a que estas nuevas formas de NNTC tienen otro tipo de ramas más avanzadas que benefician a la construcción, tomando no solo un efecto nanomolecular, sino también a manera de geopolímeros (GPM), tomando en cuenta estudios en países como Irak, que sugieren planteamiento de eficiencia y rendimiento claros para el concreto. De esta manera Caballero et al. [19], [20] conceptualizan la optimización por pasos sencillos del diseño de mezcla (DM), puesto que los materiales que se tienen en Europa no son los mismos que los que se encuentran en Asia o por defecto en Latinoamérica.

En consecuencia, a nivel local [21]- [22] explican que el Perú cuenta con materias primas de primera calidad para el concreto, pero, se deben administrar con medida. En este sentido, recién se comenzaron a realizar estudios sobre NNTC como aditivo para el concreto entre los años 1998 y 2000, por lo que en cuestión de estadísticas la investigación en NNTC era menor al 1% respecto a otros países como EEUU. No obstante, en un futuro cercano se divisa que esta nueva revolución desplace de manera casi total la forma en como conocemos la industria de la construcción, teniendo usos como GPM, por lo que se procesarían estos nuevos materiales de origen minero en bruto para beneficio del concreto [22]- [23].

De acorde a lo descrito, [24]-[25] mencionan que estos nanomateriales tienen aplicaciones antimicóticas, antibacterianas y viricidas; que en comparación con la aplicación a la ingeniería hay desinformación en la aplicabilidad de las NNPs, por ejemplo, en zonas costeras donde hay estructuras con fines hidráulicos en proyectos como Chavimochic u Olmos – Tinajones.

Por tal motivo, se sabe que marcas residuales por la minería en el Perú tienen un impacto negativo en su diversidad, entonces, que pasaría si estas se controlan y enfocan en

la producción de un elemento como las NNPs que de la mano del concreto mejoran estas condiciones [26]. Tal como lo explica a nivel local [27], quien estudió en Lambayeque la capacidad de reabsorción del suelo de partículas nocivas para el ambiente pero que pueden ser mitigadas al implementar al concreto con NNPs de óxido de hierro (FeO)); así como [28] expuso en Chiclayo la efectividad de dos tipos de aditivos basados en NNPs que buscaban una homogenización absoluta en la pasta del concreto para evitar fallas catastróficas.

De esta manera, como antecedentes de estudio, a nivel internacional se tiene a Vavouraki et al. [29], quienes buscan analizar el efecto de las NNPs de CuO y ZnO, sobre las propiedades del concreto. Para ello se tuvo una metodología cuantitativa de carácter experimental que optó por adiciones de 0.1% a 2%, con 7 días de curado. Obteniendo como resultado que, en un 0.5% de CuO, y 1% de ZnO se incrementó la RC en 23 MPa; respecto al análisis SEM se tiene que hubo una adecuada cohesión del concreto con las NNPs, siendo esta mezcla homogénea, respaldada por el análisis XDR. Concluyendo entonces que la manera más efectiva de incorporación de NPMCu fue del 0.5% en peso por medio del CuO.

Como también, a Atiq [5], en su estudio esquematiza determinar los efectos de NNPs de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub> sobre las propiedades del concreto, en cuanto a la metodología, se tiene una investigación cuantitativa experimental de NNPs con ambas adiciones de 0.5% a 2% en peso como complemento del cemento, tomando en cuenta un periodo de curado a 28 días. Obteniendo como resultados una dosificación óptima de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TiO<sub>2</sub>, con combinaciones de 0.5% y 1% respectivamente, dando una RC de 40.47 MPa, aumentando 42%; asimismo, para la RT obteniendo 4.58 MPa, incrementando 34% y para la RF 5.84 MPa, subiendo un 28%. Concluyendo en el carácter funcional de las NNPs para porcentajes <1%.

Como también a Kumar et al. [30] plantearon analizar el comportamiento del concreto con NNPs de nanosílice en un DM de concreto de alto rendimiento, empleando metodología cuantitativa experimental con NNPs en proporciones de 0.5% a 2.5% de nanosílice, además de establecer reemplazos con la escoria de cobre de 0% a 50%, tomando en cuenta un periodo de curado de 7, 28 y 56 días para muestra cilíndricas de concreto de 150 mm x 300 mm. Por lo que como resultado la mejor muestra fue la de 2% más escoria al 50%, con un

RC en 22.9 MPa que aumentó un 14%, y para la RT hubo un incremento del 19% con 17.8 MPa. Concluyendo entonces en una mejora para el concreto y su resistencia con las NNPs.

Del mismo modo, Sobhy et al. [31], como objetivo indagaron acerca del efecto de las NNPs de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZnO}$  en las propiedades del concreto. Por consiguiente, para la metodología se tuvo un estudio experimental – cuantitativo, con NNPs en porcentajes (0.5%, 1% y 1.5%) respecto al cemento, en periodos de 7, 28 y 90 días de curado. Por tanto, los resultados mostraron una reducción máxima de la trabajabilidad en 35.7% para el  $\text{ZnO}$ , además la RC máximo aumentó en 30.67% para el  $\text{TiO}_2$ , y para la RF el aumento máximo fue 26.83% para el  $\text{TiO}_2$ . En base a ello se tomó por conclusión que el porcentaje promedio de adición recomendado para estos compuestos en NNPs es de 0.5% para las mejores resistencias.

Así como también, Tran et al. [32], en su escrito científico expresaron una forma de aplicar NNPs de  $\text{SiO}_2$  con el fin de mejorar las propiedades del concreto, usando una metodología cuantitativa, se planteó una incorporación de 0.5% a 2.5% para el DM, por un lapso de curado de 7, 28 y 56 días elaborando muestras cilíndricas de 150 mm x 300 mm y vigas de 150 mm x 150 mm x 600 mm. En consecuencia, como resultados la RC incrementó en 20.97% y la RF en 19.19%, además, en el análisis XRD y SEM se encontraron una gran cantidad de elemento cristalinos característicos del concreto. Concluyendo en que la resistencia óptima de incorporación de NNPs se da en valores de 0% a 1.5%.

Por otro lado, Ahmadi et al. [33], para su investigación como objetivo analizaron el efecto de las NNPs de KCC-1/Ag y  $\text{SiO}_2$  en el concreto; planteando una metodología experimental - cuantitativa, con NNPs a un 1%, 2% y 3% en peso respecto al cemento, con una extensión de tiempo para el curado de 7 y 28 días, en muestras cilíndricas de 150 mm x 300 mm, en un agua de curado promedio de 23°C. De ahí que, el máximo incremento de RC fue de 18.93 por parte de las NNPs de KCC-1/Ag, además en cuanto al análisis SEM y XDR se determinó una mezcla más densa. Concluyendo entonces que, la mejor opción de adición que se tuvo fue la del KCC-1/Ag con incorporación al 2% en condiciones óptimas.

Así pues, Lahayne et al. [34], para su estudio experimental como objetivo evaluó el desempeño de las NNPs de  $\text{SiO}_2$  y nanotubos de carbono para el estudio del ME o de Young

del concreto. En vista de ello, se estableció una metodología cuantitativa, la misma que reflejó adiciones de NNPs en 0.06% y Nanotubos en 0.4. Por ende, como resultados se tuvieron incrementos en la RC del 3% al 5%, además, el ME o de Young incremento entre 3% a 9%. En conclusión, se entiende que las adiciones de NNPs en el diseño de mezcla son fructíferas para el crecimiento favorable del ME en porcentajes menores o iguales al 0.6%.

En ese sentido, Klapiszewska et al. [35], en su investigación buscaron identificar las reacciones del concreto con NNPs de ZnO y SiO<sub>2</sub>. Por consiguiente, como metodología cuantitativa se adicionaron NNPs al 1% en tiempos de curado de 7 y 28 días, tomando una relación de a/c de 0.5. Resultando que, el tiempo de fraguado se redujo en 4.65%, y la densidad en un 6.32%; para la RF hubo un incremento máximo de 9.4 MPa representando un 8.05%, y para la RC hubo un incremento máximo de 64.5 MPa representando un 16.22%. Finalmente, se concluyó en función a los antecedentes y el estudio que se obtienen mejores resultados, sin desproporcionar propiedades del concreto, al 1% o menos de adición en peso.

Por tanto, Tawfik et al. [36], en su estudio propuso evaluar el desempeño del concreto con NNPs de cerámica y sílice. La metodología fue cuantitativa, el añadir NNPs de Nanosílice del 1% al 4%, y de Nanocerámico del 2% al 10%, en periodos de curado entre 7 y 28 días. En síntesis, como resultado se obtuvo una RC máxima de 6.1 MPa, incrementando en 19.84% para el Nanosílice, además, como RT máxima se obtuvo un incremento de 18.18% para el Nanosílice, y para la RF un incremento máximo de 8.82% con 3.7 MPa. En conclusión, la investigación demostró que las NNPs funcionan como mejor agente aditivo para el concreto.

Por consiguiente, Bhattacharyya et al. [37], en base a su investigación expone como objetivo estudiar las NNPs FeO y SiO<sub>2</sub> incorporadas al concreto, estableciendo como metodología un diseño cuantitativo al 1% de NNPs, sometido a un curado de 28 y 56 días. Observando entonces como resultado incrementos de la RC máxima al 7.05%, para un rango de 28 días; y a 56 días, incremento en 7.57%. Según lo mostrado, se concluye que, como mejores agente de adición de NNPs se tiene a los metales de transición al 1% en peso.

De manera que, Siang et al. [38] se dedicaron a explorar los efectos que tienen las NNPs de TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> sobre las propiedades del concreto. Por ende, como metodología

cuantitativa se adiciona  $\text{TiO}_2$  y  $\text{SiO}_2$  del 2% al 6%, y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  del 1% al 5% en peso respecto al cemento, con muestras sometidas a 7, 14 y 28 días de curado. Se tomó por resultados que la trabajabilidad disminuye en un máximo de 42.6% para el  $\text{TiO}_2$  y  $\text{SiO}_2$ ; de la misma forma, para la RC incrementó en un 38% para las NNPs de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , así como la RF en 19%. Como conclusión se estableció que las mejores adiciones se dan con porcentajes menores o iguales al 1%, cuando empleamos metales de transición como el Fe.

Así pues, Sikora et al. [39] en su análisis buscaron resumir el avance de las aplicaciones de NNPs para compuestos cementosos, teniendo entonces como metodología cuantitativa la incorporación de NNPs del 0.1% al 0.5% en peso relacionado al cemento, con curados de 7 y 28 días. Dado el caso, como resultados la RC incremento 9.5 MPa, siendo un aumento de 11.88%, la RF incrementos 2.2 MPa, siendo un aumento de 25.28%, y la RT en 4 MPa dando un 12.5% de mejoría. Se concluyó que los porcentajes ideales de adición al concreto vienen a ser de entre 0.5% y 1.

En este contexto, a nivel nacional, Dongo y Saavedra [40] buscaron determinar la influencia del Nanosílice en el concreto, por medio de una metodología experimental cuantitativa, incorporando NNPs al 0.5% y 0.7% un lapso de 7 y 28 días de curado. Resultando un aumento a 7 y 28 días respectivamente de RC a 45.49% y 38.51%. Concluyendo así que la mezcla óptima de NNPs es al 0.7% de NNPs.

Asimismo, Solis [41] en su investigación busca mejorar con NNPs de Si y FeZ las propiedades del concreto. Detallando una metodología experimental cuantitativa, por adiciones de NNPs del 0.2% al 1% a edades de 7, 14 y 28 días de curado. Obteniendo como resultados, para el concreto fresco un incremento de 22.73% de la temperatura, para el aire atrapado incremento de 1.95 a 4.6, además un peso unitario disminuyó un 6.95%, y la trabajabilidad incrementando en 56.67%; por consiguiente, la RC aumentó un 35.04%, la RT creció 25.53%, pero se mostraron caídas de 17% por adiciones mayores al 0.8%. Concluyendo entonces que las NNPs mejoran el concreto en ciertas condiciones de aplicación <1%.

Como también, Tejada et al. [42] abordaron como objetivo comprender mejora de la escoria de Cu como reemplazante de la arena para mejorar el concreto; teniendo una

metodología de investigación cuantitativa, con adiciones del 10% al 30% en periodos de curado de 7, 14 y 28 días para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Por consiguiente, como resultado un aumento en la RC de 44.05%. Concluyendo así que el Cu es funcional, pero puede tener un mejor comportamiento a menor gradación, como en el caso de las NNPs.

A lo que, Caballero [43] para su estudio orienta como objetivo estimar la reacción del concreto con adición de NNPs de Nanosílice, basándose en una metodología experimental cuantitativa, al añadir NNPs entre 0.6% a 1.4% con tiempos de 7, 14 y 28 días de curado a resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> en probetas de 15 cm x 30 cm. Para finalmente, como resultados, para 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, el aire atrapado aumentó un 54.55% y 6.67%, el peso unitario cayó un 0.33% y aumento 1.82%, el slump disminuyó un 33.34% y 11.12%, y la RC aumentó un 72.38% en promedio. Concluyendo así que, las mejores mezclas de NNPs se dan en proporciones menores al 0.8%.

Y Crespín & Slee [44] en su trabajo experimental expone como objetivo principal mejorar propiedades básicas del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con Nanosílice, planteando una metodología cuantitativa, el incorporar NNPs del 1% al 5% en peso respecto al cemento, con un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días. Obteniendo, así como resultados, para la RC un aumento del 15% a 28 días. Por último, concluyendo que el porcentaje de mejor adición es el de 5%, tomando en cuenta la incorporación homogénea del concreto con las NNPS.

Finalmente, a nivel local, en la ciudad de Pimentel actualmente no existen estudios tengan relación al uso de NPMCu o afines, no obstante, según Delgado [45], se insta a que descubrir nuevas investigaciones, ya que desde que tenemos uso de razón el hombre ha utilizado su curiosidad e inventiva por descubrir nuevas formas de conocimiento.

Entonces, la importancia de la presente investigación radica en el uso de NPMCu para mejorar el concreto como un potencial catalizador aditivo para agilizar y reforzar nuestras construcciones, además el estudio comprende una justificación tecnológica, ya que orienta el diseño de nuevos compuestos que son incorporados al concreto y estudiados en el laboratorio; una justificación social en materia de beneficio como una aplicación de gran importancia estructural en: hospitales, colegios, etc.; una justificación ambiental, en donde las

NPMCu por sí mismas funcionan como recurso práctico y efectivo en el cuidado de nuestro medio ambiente, y finalmente la justificación económica que se sustenta con base en la viabilidad del material en comparación con otro tipo de compuestos para el concreto.

De esta manera, para la investigación se fórmula la siguiente incógnita: ¿Cuál es la reacción del concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre (NPMCu) tomando en cuenta sus propiedades físicas, mecánicas y microestructurales, Pimentel, 2024? Por lo que se plantea como hipótesis que, la incorporación de NPMCu en un porcentaje de 0.05% en peso respecto a la composición del CP contribuyen de manera excepcional en relación a la mejora las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del mismo, es decir, es un extraordinario aditivo catalizador que mejora el comportamiento general del concreto en dicha concentración, sin alterar, disminuir o anular el balance que existe entre sus mismas propiedades, Pimentel, 2024.

En este sentido para los fines la investigación se tiene como objetivo general, OGN: Analizar de manera comparativa la reacción del CP y el concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre (NPMCu) tomando en cuenta sus propiedades físicas, mecánicas y microestructurales, Pimentel, 2024. En secuencia con este, se tiene como objetivos específicos, OE-01: Identificar las propiedades físicas agregados que componen el concreto y la composición del componente en NPMCu; OE-02: Establecer un diseño de mezcla patrón y experimental para un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; OE-03: Comparar los resultados de las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del CP y el concreto con incorporación de NPMCu del 0.025% a 0.1% para una resistencia de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; OE-04: Establecer el porcentaje de incorporación óptimo de NPMCu, que mejore de manera balanceada las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales; OE-05: Presentar una propuesta de diseño económicamente viable como aporte práctico que involucre las NPMCu para el concreto.

Para poder tener un mayor grado de comprensión de la investigación, a continuación, se establece el listado de teorías que relacionan al estudio con su parte experimental.

**Estudio de Canteras.** - Previa aplicación del DM para el concreto se deben tomar estudios de los elementos que lo van a componer, por medio de un análisis de canteras en donde se produzca tanto grava como arena [46]. Por lo que en base a lo explicado por Příklad [47], este tipo de materiales se tratan en procedimientos de triturado (piedra chancada) y excavación (arena natural), en función al requerimiento para la diversidad de construcciones.

**Granulometría.** – según [46], [48], [49] en la granulometría para los AF se respeta los parámetros del Módulo de Finura (MF) siendo estos entre 2.3 y 3.1, y para el AG se respeta los parámetros del Tamaño Máximo Nominal y el HUSO 56. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XVIII.

**Densidad o Peso Unitario (PU).** - esta determina el Peso Unitario Suelto (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC), los mismos que se adecúan en función al DM, tomando sus valores para poder tener las relaciones de mezclado del concreto [48]- [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XIX.

**Contenido de Humedad (CH).** – tiene el objetivo de determinar el porcentaje de agua que tienen los agregados, los mismos que deben pasar por un proceso de saturación para determinar pérdidas de líquido y manejabilidad de los AF y AG [48]- [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XX.

**Peso Específico y Absorción (PE y ABS).** – tiene el objetivo de controlar los cambios de masa a razón de la absorción del agua que se puede tener para las probetas, tomando en cuenta su variación de volumen en  $m^3$  de los AF y AG [48]- [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXI.

**Diseño de Mezcla.** – es proceso de selección, traslado y observación de agregados tanto naturales como artificiales para la composición que tendrá el concreto dosificado según el Diseño de Mezcla de Concreto que ofrece la Metodología ACI 211 por medio de los estándares según la NTP [48], [50]. Asimismo, para el encofrado se usarán moldes de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 15 cm x 30 cm para las probetas cilíndricas de

concreto; y cajas prismáticas siendo moldes de Contrachapado Fenólico de 15 cm x 15 cm x 53 cm las probetas prismáticas de concreto. Por consiguiente, la primera barrera que determina la calidad del concreto, es cuando está en su estado fresco, por lo que se pretende determinar sus propiedades físicas iniciales, que muestran su capacidad como plastificante, por lo que este se desarrolla siendo capaz de mezclarse, colocarse, transportarse y compactarse [51].

**Asentamiento o Slump (AS).** – mide la trabajabilidad en un molde metálico de estructura cónica denominado Cono de Abrahams, ya sea en obra o laboratorio [48]-[49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXVI.

**Temperatura del Concreto (T°C).** – comprende el grado de calor en la mezcla de concreto, siendo medido por un termómetro calibrado de manera directa en la muestra fresca [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXVII.

**Densidad o Peso Unitario (PU).** – en este ensayo se vio por conveniente utilizar el recipiente denominado “Olla de Washington”, en donde se determina el rendimiento o capacidad en peso (kg) por metro cúbico de concreto que se genera [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXVIII.

**Porcentaje de Aire Atrapado (%AA).** – se utiliza la “Olla de Washington” como método de presión simulando el mecanismo de una “Olla a Presión para el Concreto” que tiene el principio de medir el porcentaje de burbujas de aire presentes en el compuesto por los espacios que esta retiene a nivel molecular el concreto [49]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXIX.

**Elaboración de Probetas.** – muestra el proceso para obtener las testigos de concreto antes y después del encofrado, para estudiar sus propiedades en estado endurecido [48]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, TABLA XXX.

**Concreto en Estado Endurecido.** – Hace referencia a la capacidad de los compuestos de ser medibles por estándares mecánicos, que toma gran importancia cuando

entendemos que sus funcionalidades son casi ilimitadas, al establecer la resistencia del concreto de manera experimental y en obra [49], [52]. Entonces como parte de las propiedades estudiadas se tienen: RC, RT, RF y ME Longitudinal o de Young.

**Resistencia del Concreto a la Compresión (RC).** – esta es conocida de forma universal en toda normativa por cada país, ya que el mismo responde a la capacidad portante de elementos como pilares o columnas en las estructuras de concreto, por lo que trata la aplicación de una fuerza axial que se describe como la fuerza que es aplicada en dirección con la línea del eje a las probetas de concreto [49], [53].

TABLA I

NORMATIVA SOBRE LA RC DEL CONCRETO

<b>Normativa sobre la Resistencia a la Compresión</b>	
RC	NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”
	ASTM C39 “Standard Test Method Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”
	MTC E704 “Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos”
	AASHTO T22 “Standard Test Method Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.”

Nota. La tabla resume la normativa de Resistencia a la Compresión del concreto [49].

Asimismo, se deben datar la naturaleza de rotura de probetas cilíndricas

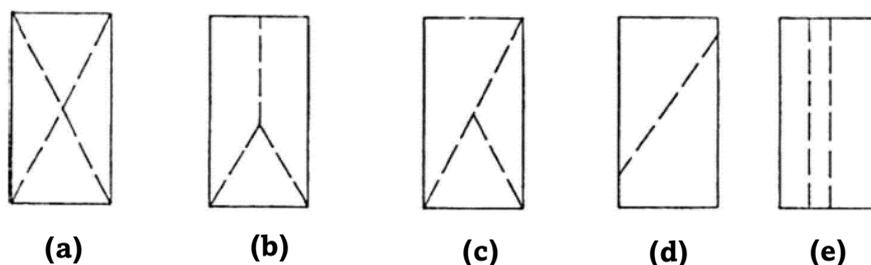


Fig. 1. Esquemas de Tipo de Fallas por Rotura. (a) muestra una rotura de clasificación cónica, (b) muestra una rotura de clasificación cónica en hendidura, (c) muestra una rotura de clasificación cónica en corte (d) muestra una rotura de clasificación corte, (e) muestra una rotura de clasificación columnar. [49]

**Resistencia del Concreto a la Tracción por Corte Diametral (RT).** – esta propiedad se define como la más débil, de esta manera la tracción vela por el agrietamiento inminente del concreto endurecido tras el mal manejo de los tiempos de fraguado [49].

TABLA II

NORMATIVA SOBRE LA RT DEL CONCRETO

<b>Normativa sobre la Resistencia a la Tracción</b>	
	NTP 339.084 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.”
RT	ASTM C496 “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.”
	MTC E708 “Ensayo de Tracción Indirecta De Cilindros Estándares de Concreto”
	AASHTO T192 “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

Nota. La tabla resume la normativa de la Resistencia a la Tracción por Corte Diametral del concreto [49].

Asimismo, se le denomina como “el método brasileño”, en donde se ensaya a las probetas de concreto en relación a la tracción, pero en sentido contrario a su eje [54], [55].

**Resistencia Concreto a la Flexión (RF).** – esta propiedad es de las más importantes en conjunto con la capacidad de resistencia a la compresión el concreto, ya que se da por medio de oposición de fuerza a tercios y mitades de la muestra de concreto, simulando la acción de una viga prismática [54].

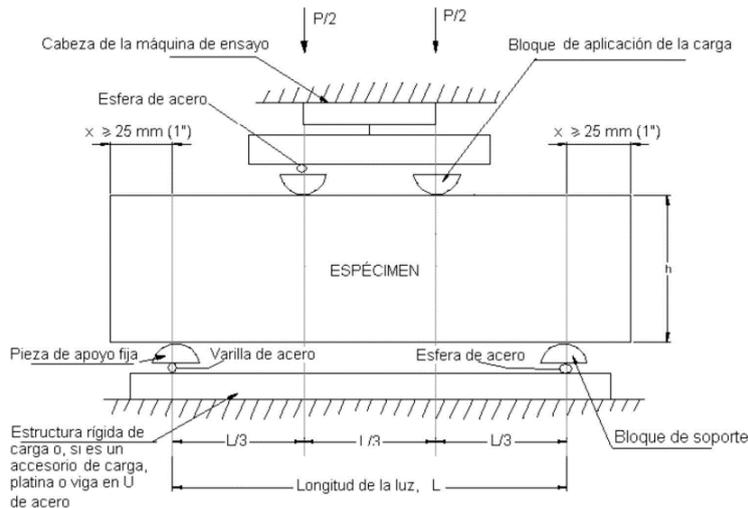
TABLA III

NORMATIVA SOBRE LA RF DEL CONCRETO

<b>Normativa sobre la Resistencia a la Flexión</b>	
	NTP 339.034 “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo”
RF	ASTM C78 “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third Point Loading)”
	MTC E709 “Resistencia A La Flexión Del Concreto En Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas A Los Tercios Del Tramo”
	AASHTO T97 “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)”

Nota. La tabla resume la normativa de la Resistencia a la Flexión del concreto [49].

En este contexto, se pretende simular fuerzas puntales entre columna – viga, estableciendo una relación fácilmente visible en las construcciones [49].



Nota: Este equipo se puede usar invertido, si la máquina de ensayo aplica la fuerza a través de una cabeza asentada en una rótula, el pivote central se puede omitir.

Fig. 2. Ejemplificación del Ensayo por Flexión a Tercios de Tramo. En la imagen se muestra la disposición de tramos en donde se tendrá la aplicación de cargas para la RF del concreto. [49]

**Módulo de Elasticidad Longitudinal o de Young del Concreto (ME).** – o de Young, que proviene de una deformación específica por acción de una fuerza axial vertical perpendicular a la aplicación de cargas, en este sentido se suscita el cambio cuando superamos el límite elástico, por lo que se determina si es reversible o no [56]- [57].

TABLA IV

NORMATIVA SOBRE EL ME TRANSVERSAL DEL CONCRETO

Normativa sobre el Módulo de Elasticidad Transversal	
ME	ASTM C469 – 94 “Static Module of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression
	RNE Norma E.060 Concreto Armado “Módulo de Elasticidad y Módulo de Corte”

Nota. La tabla resume la normativa Módulo de Elasticidad Longitudinal o de Young del concreto [49], [58].

**Propiedades Microestructurales del Concreto.** - en la investigación se tomó por conveniente analizar las propiedades microestructurales, por la naturaleza de las NPMCu y la composición del concreto, siendo estos la Difracción XRD y la Microscopía SEM, ambos encargados de mostrar tanto la morfología y acomodo de partículas y moléculas [59].

**Difracción de Rayos “X” (XRD).** – esta propiedad comprende un análisis refractario por medio del bombardeo particular de luz a través de un objeto sólido, que muestra su composición química [31]. Mostrando la mineralogía del concreto de manera específica y

detallada, que debe complementar los métodos tradicionales físicos y mecánicos con mayor detalle para el concreto [60]- [61].

**Microscopía de Barrido Electrónico (SEM).** – este análisis describe la composición y morfología de un compuesto, por lo que ilustra la cristalografía interna, lo que se traduce en un análisis microscópico del concreto con NPMCu siendo ricos en minerales [31]. Por lo que, en base a estas nuevas composiciones para el concreto y sus fines en construcciones se muestra su morfología microestructural [62].

**Análisis de Precios Unitarios (APU).** – este apartado hace alusión a la viabilidad de un proyecto, por el hecho que estudia la parte económica sustentable para que tenga un debido aporte práctico, entonces [63] teoriza que este análisis viene siendo el responsable de la gestión clave para encaminar los proyectos de construcción. Relacionándose al rendimiento que tomará como factor de producción a las propiedades mecánicas del concreto, todo ello se justifica en que los factores de rendimiento como la densidad o la mano de obra se vuelven constantes por la naturaleza de las NPMCu.

**Estructuras de Aplicación.** – de manera general el concreto puede ser mejorado, ya que este compuesto acepta complementarse para ser utilizado con otros aditivos [64], como es el caso de las NPMCu, por ejemplo, [65] afirma que el cobre se oxida más lento, por lo que puede ser usado como material de uso constante en la construcción; además, teóricamente pueden funcionar en estructuras que necesiten concretos a elevadas presiones de carga, como edificios de categoría “A” que buscan tener un “factor sobre el factor” de seguridad, tomando mayor potencial en elemento como vigas o columnas, no obstante, para elementos sometidos a cargas dinámicas, obras hidráulicas o ambientes extremos se necesitarían estudios más extensos.. En consecuencia, este apartado relaciona a la viabilidad y aporte práctico de la investigación para tener una conveniencia económica en los APU, buscando así un equilibrio realista de calidad – precio necesario para la construcción.

**Normativa Técnica.** – a nivel nacional se tiene: El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la Norma Técnica Peruana (NTP), la guía de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Y a nivel internacional a la American Society for Testing and Materials (ASTM), la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la guía normativa del American Concrete Institute (ACI).

## II. MATERIALES Y MÉTODO

Según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificación [48] en el apartado de la Normativa E. 060 los agregados pétreos para el concreto deben obedecer a las Normas Técnicas Peruanas (NTP). Ahora en tanto al Agregado Fino (AF) y Agregado Grueso (AG) se trate, estos se obtienen como parte de la extracción en canteras, por lo que su origen debe ser virgen, limpio, con perfiles angulares compactos y resistentes.

**Cemento.** – Este material es un compuesto conformado por “Clinker Portland” que tiene origen en la molienda de rocas que funciona como conglomerante hidráulico que al tener contacto con el agua endurece [66]- [67]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, en la TABLA XXII.

**Agua.** – En este caso para las pruebas en laboratorio se debe considerar el agua en su estado básico sin impurezas, por lo que [48] establece que esta debe ser de preferencia potable sin ningún tipo de alteración o exposición a agentes químicos nocivos que alteren la mezcla del concreto. Además, también se considera el agua de curado de las probetas en función a las resistencias en 7, 14, 21 y 28 días o conforme al requerimiento de los ensayos (tomando en cuenta que pueden tomar lapsos de 56 y 96 días) además de que se puede colocar cal en una proporción de mezcla de 2 gramos por cada litro de agua [68]- [69]. La normativa sobre el ensayo se encuentra en el Anexo VII, en la TABLA XXIII y TABLA XXIV.

**Nanomateriales y Nanotecnología.** – Se conceptualiza para la investigación el uso de los NNMT como NNTC, estos siendo compuestos de nueva aplicación para el concreto,

por lo que se explica el gran potencial de la NNPs como alternativas de solución y viabilidad en el área de la construcción e ingeniería civil. [70]- [71].

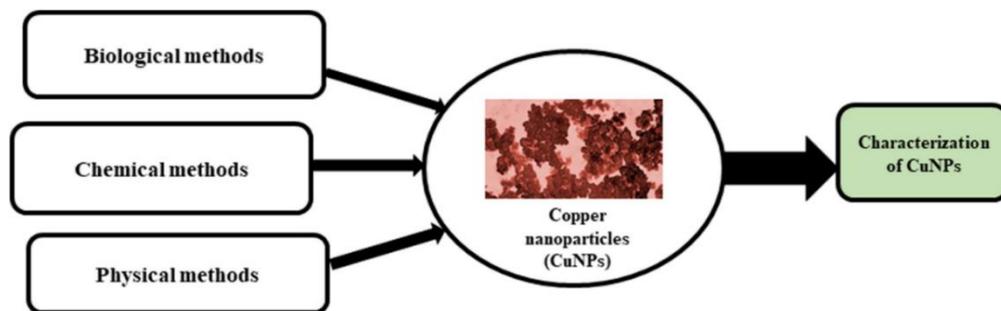


Fig. 3. Obtención de NPMCu. La imagen detalla las formas de obtención de NNPs, las mismas que son procesadas en laboratorios especializados para sus diversos usos. [72]

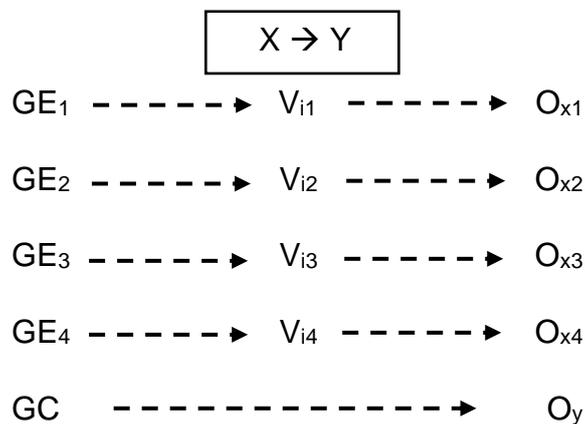
**NPMCu.** – como primer antecedente del uso de las NPMCu, se tiene al uso de la escoria de cobre, sin embargo, tal como menciona [73] debe existir un uso viable de los materiales que asegure su utilidad. Es por ello que [71]- [72], teorizan que este tipo de NNPs pueden ser empleadas en varios tipos de hormigón (concreto) siendo definidas como “el material de la próxima generación” para mejorar sus propiedades. En este sentido, el Cu de manera natural se encuentra en estado sólido, este mismo puede cambiar su estructura por variaciones de temperatura en los denominados cambios de fase, no obstante, el material a emplear de la investigación sigue los lineamientos de composición dados por el laboratorio SAT Nano Technology Material CO., Ltd. [74].

The image shows a product listing for 'Nanopartícula De 100 Nm En Polvo De Cobre Ultrafino Al 99,9% De Alta Pureza'. On the left is a photograph of a small glass vial containing a dark red powder. The background features a faint hexagonal molecular structure. To the right of the photo is a list of technical specifications and purchase information.

<b>Tamaño:</b>	50 nm, 100 nm, 1-2 um, 5 um, 10 um
<b>Pureza:</b>	99,9%
<b>Número CAS:</b>	7440-50-8
<b>ENINEC No.:</b>	231-159-6
<b>Aspecto:</b>	Polvo rojo
<b>Forma:</b>	Esférica
<b>Marca:</b>	SAT NANO
<b>Artículo No.:</b>	MP29-100N
<b>Pago:</b>	TT, Paypal, WU
<b>Origen del producto:</b>	Porcelana
<b>Color:</b>	Rajo oscuro
<b>Puerto de embarque:</b>	Shénzhen, Shanghai
<b>Tiempo de espera:</b>	1-5 días
<b>La orden mínima:</b>	100 gramos

Fig. 4. Descripción del Material como NPMCu de Alta Pureza. Se describe la composición, tamaño y clasificación de las NNPs en polvo (estado nano sólido) así como sus características físicas de alta pureza. [74]

Por tanto, se trabajará una investigación científica de tipo aplicada; ya que la misma se encargará mediante la teoría de desarrollar y resolver problemas con fines prácticos [75]; de esta manera busca proyectar un propósito tanto teórico como práctico tomando un enfoque cuantitativo, por lo que se requiere seguir una ruta de estimación de fenómenos capaces de probar hipótesis de manera apropiada [76]. A su vez el diseño a tener en cuenta será el experimental, puesto que tiene como característica principal ser un proceso de verificación cuantitativa por medio del manejo de la variable independiente como el tratamiento control o patrón del estudio [75], el mismo que establece un nivel cuasi – experimental que trabaja con dos grupos no aleatorizados que nos permiten tener un análisis comparativo óptimo sin necesidad de tener generalizaciones, en un proceso de post prueba [77].



Se tiene al GE<sub>(1-4)</sub>: Grupo experimental; V<sub>i1</sub>: Prueba experimental del concreto con NPMCu al 0.025%; V<sub>i2</sub>: Prueba experimental del concreto con NPMCu al 0.05%; V<sub>i3</sub>: Prueba experimental del concreto con NPMCu al 0.075%; V<sub>i4</sub>: Prueba experimental del concreto con NPMCu al 0.1%; O<sub>x(1-4)</sub>: Observación de resultados experimentales del concreto con NPMCu post – prueba; GC: Grupo control o CP; V<sub>d</sub>: Prueba experimental del CP; O<sub>y</sub>: Observación de resultados del CP post – prueba.

### **Variables, Operacionalización**

**Variable independiente (Vi).** – Nanopartículas Metálicas de cobre (NPMCu).

**Variable dependiente (Vd).** – Propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto.

## Operacionalización de Variable Independiente

TABLA V

### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE.

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Nanopartículas Metálicas de Cobre (NPMCu)	Las NPMCu vienen a ser un elemento químico dosificado a 100 nm de naturaleza sólida que en teoría funciona como un catalizador que vendría a ser beneficioso para el estudio del concreto y sus propiedades [74].	Como tal se pretende analizar de manera comparativa la acción de las NPMCu incorporadas en dosificaciones específicas respecto al concreto por medio del estudio de sus propiedades y determinar un porcentaje óptimo, así como su viabilidad.	Diseño de Mezcla	Dosificación en Peso Dosificación en Volumen	Fichas de Recolección de Datos por Observación Experimental y Formatos de Recolección para Ensayos Realizados	kg m <sup>3</sup>	Variable Numérica	De razón
			Diseño de Mezcla con Resistencias f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup>	CNCu al 0.025% CNCu al 0.05% CNCu al 0.075%	kg kg kg kg			
			Dosificación del Material	CNCu al 0.1%	kg			
			Características Físico - Químicas	Medida en Peso Medida en Volumen	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	ppm color %		
			Composición	Catalizador Apariencia Asimilación	ppm			
			Evaluación Económica	Cobre en Nanopartículas	ppm			
				Costo Neto de Material	\$USD			
				Costo del Traslado	S/.			

Nota. La tabla resume la operacionalización de VI de la investigación; los formatos son una adaptación del modelo LEMC USS.

## Operacionalización de Variable Dependiente

TABLA VI

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de Recolección de Datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto	Estas se definen como las propiedades fundamentales del concreto, mismas que deben estar presentes en un balance tal, que le permitan desenvolverse óptimamente [49], [52], [59].	Entonces, se pretende analizar de manera comparativa por medio de ensayos en laboratorio, las propiedades del concreto para resistencias de 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup> , siendo estas tanto físicas, como mecánicas y microestructurales.	Propiedades Físicas del Concreto en Estado Fresco	Temperatura	Fichas de Recolección de Datos por Observación Experimental y Formatos de Recolección para Ensayos Realizados	°C	Variable Numérica	De razón	
				Asentamiento o Slump		pulgadas			
				Porcentaje de Aire Atrapado		%			
				Peso o Densidad Unitaria		kg/m <sup>3</sup>			
				Resistencia a la Compresión		kg/cm <sup>2</sup>			
				Resistencia a la Tracción		kg/cm <sup>2</sup>			
				Módulo de Elasticidad		kg/cm <sup>2</sup>			
				Resistencia a la Flexión		kg/cm <sup>2</sup>			
				Propiedades Microestructurales del Concreto en Estado Endurecido	Difracción de Rayos X (XRD)	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)			ppm
					Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)				ppm
		Agregados Naturales		kg					
		Cemento		bolsas					
		NPMCu		ppm					
		Agua		litros					

Nota. La tabla resume la operacionalización de VD de la investigación; los formatos son una adaptación del modelo LEMC USS.

En este sentido como unidad de estudio se tiene una muestra de concreto denominada “testigo” en la que se plantea el DM con NPMCu del 0.025% al 0.1%. Asimismo, como población se tomaron un total de 480 entre cilindros y vigas de concreto elaborados en el laboratorio de la universidad Señor de Sipán, teniendo como muestras 120 cilindros para RC, 120 para RT, 120 para RT y 120 para el ME, según  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

A su vez se estableció un espacio de muestreo con clasificación no probabilística para el análisis respectivo, ya que se seleccionaron las muestras por ensayos [77]. El muestreo de ensayos se encuentra en el Anexo VII, en la TABLA XXXVI, TABLA XXXVII, TABLA XXXVIII, TABLA XXXIX.

Por otro lado, como parte de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, se tiene a la observación directa que cumple como método de identificación de datos, debido a que plantea de forma clara y concisa cómo es que percibimos el fenómeno de estudio; además, se tiene la revisión documentaria de estudios de índole científica como artículos científicos, páginas institucionales y normativa con vigencia. De la misma manera, como instrumentos de recolección de datos se tienen a las fichas de observación, las guías normativas y los formatos de laboratorio que establecen indicadores y criterios precedente que van a ser aplicados para la investigación en la fase experimental [75]. El resumen de los formatos, normativa y fichas del estudio se encuentran en el Anexo VII, en la TABLA XL, TABLA XLI.

En este contexto se aplicó una prueba estadística de normalidad por medio del uso de la prueba paramétrica a través de Shapiro – Wilk [78]-[79]; por lo que se empleó la técnica de distribución normal “t Student”, siendo más común y la necesaria para el estudio cuantitativo [78], [80]. Y finalmente se optó por la validación de Aiken que determina la autenticidad, precisión, exactitud y eficacia de orden y clasificación de datos para el análisis cuantitativo del estudio con un mínimo de 5 jueces encargados de valorar los ensayos realizados [79]-[81].

Como parte del estudio se detalla un diagrama de flujo de procesos, que precisa los procedimientos de análisis de datos descritos en la investigación, en forma de gráfico que proyecta toda su aplicación y análisis. Esta gráfica es complementada con el resto de interacciones y procedimientos del estudio en el Anexo VII, en la fig. 7, fig. 8, fig. 9, fig. 10, fig. 11 y fig. 12.

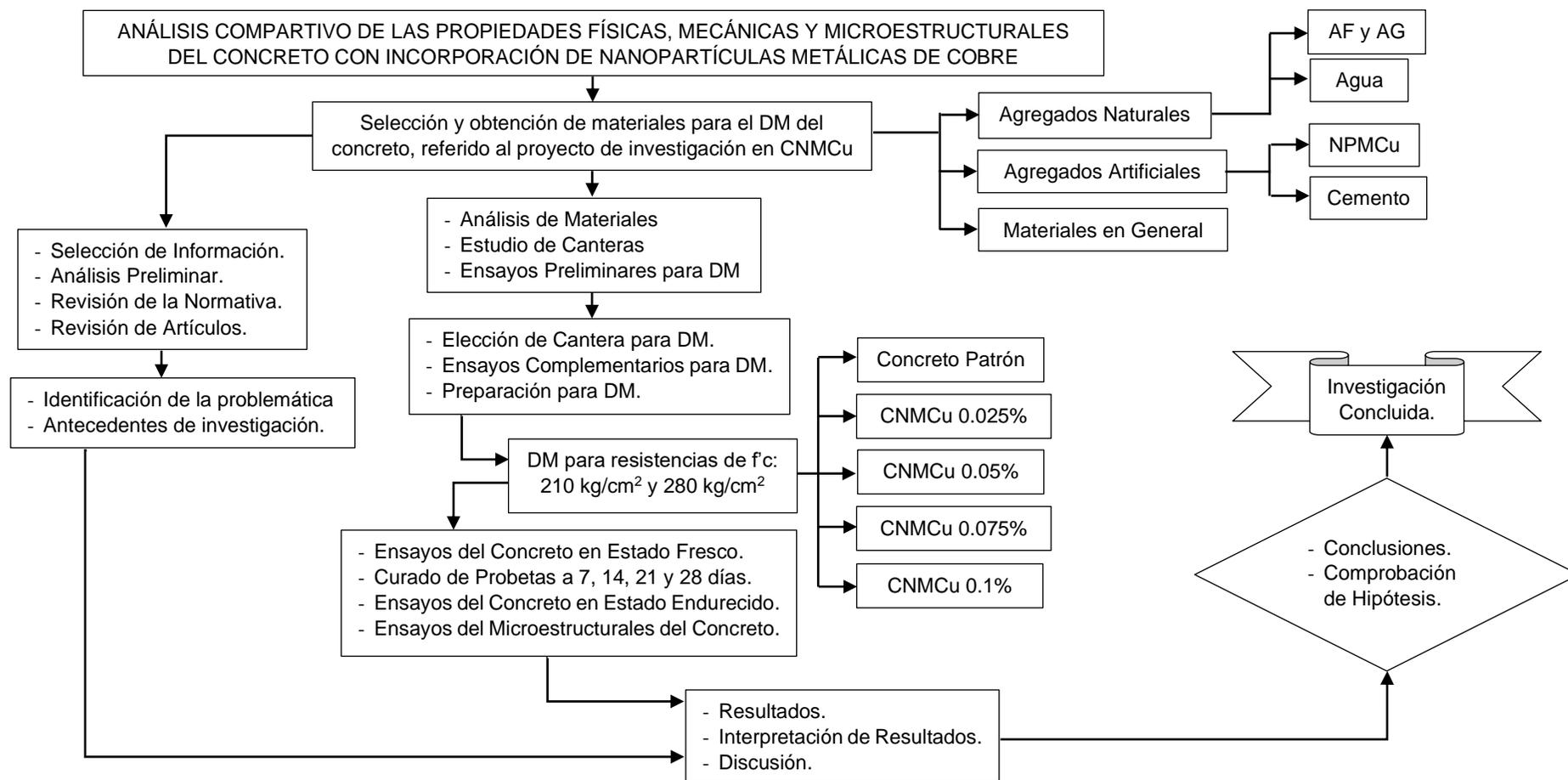


Fig. 5. Diagrama de Flujo de Proceso Generales. En esta se observa el orden secuencial de la investigación científica a detalle.

Como parte final se tiene a los criterios éticos, según [82] se consideran obligaciones en relación a la sociedad y el público para resguardar, mediante nuestros conocimientos su bienestar general, asimismo en relación a la competencia profesional y la prestación de servicios en base la calidad de formación como profesionales y la buena fe de servicio para generar nuevo conocimiento. De la misma manera se deben seguir los lineamientos establecidos en el Código de Ética en Investigación de la USS, que hace hincapié en el cumplimiento de los roles de ética y buena conducta que deben seguir los profesionales y sus investigaciones con el fin primordial de divulgación científica verás y de calidad [83]- [84].

Asimismo, se debe considerar los fundamentos de rigor científico respetando la autoría e ideas originales de la diversidad de autores en toda la extensión del estudio, esto con la finalidad de tener una interpretación asertiva, entonces, se considera la validez interna que certifica el procesamiento de datos por medio de su procesamiento y cuadros estadísticos en el Laboratorio de Tecnología de Materiales y Tecnología del Concreto de la Universidad Señor de Sipán (USS); así como también la validez externa que menciona la supervisión de un especialista en los ensayos realizados, además como criterio de objetividad el estudio debe ser claro y conciso con fin práctico, que recae en los criterios de fiabilidad y replicabilidad que hacen mención sobre las prácticas de confiabilidad para tener resultados fidedignos y reales por medio de la aplicación de ensayos en una media razonable de resultados.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Resultados**

De acuerdo a lo establecido por el OGN se realizan los ensayos comparativos de materiales y propiedades del concreto, de esta manera para OE-01, se hizo un estudio de canteras para obtener los materiales óptimos [85], en ese sentido se eligió la cantera La Victoria – Pátapo, previo a ello se realizaron ensayos de materiales para el DM, además se consideraron tablas y figuras para complementar los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, estando todo recopilado en el Anexo VII.

TABLA VII

## CUADRO RESUMEN DEL ESTUDIO DE AGREGADOS PARA EL DM

Resumen del Estudio de Agregados de la Cantera La Victoria - Pátapo		
Propiedades Físicas de los Agregados	Arena	Piedra Chancada
Contenido de Humedad:	2.197%	1.377%
% de Absorción:	2.52%	2.21%
Peso Especifico de Masa:	2655 kg/m <sup>3</sup>	2576 kg/m <sup>3</sup>
Densidad o PU Varillado:	1660.2 kg/m <sup>3</sup>	1567.6 kg/m <sup>3</sup>
Densidad o PU Suelto Seco:	1436.9 kg/m <sup>3</sup>	1487.1 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza:	2.911%	
Tamaño Máximo Nominal:		1" = 2.54 cm

Nota. La tabla describe los resultados obtenidos para el manejo óptimo de las dosificaciones en el DM.

**Interpretación.** – Como parte de los ensayos de agregados necesarios para el DM se observó que cumplían con los requisitos establecidos en la normativa y sus parámetros, de esta manera se dio la seguridad del caso para ser utilizados en la elaboración del concreto.

Por consiguiente, para el OE-02 se tomó en cuenta el formato ACI 211 para el DM, se tomaron dos diseños de resistencia teórica para un  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>, los mismos que fueron aplicados en el laboratorio de ensayo de la USS, que tuvo como consecuencia el estudio de las propiedades mencionadas del concreto para la investigación.

TABLA VIII

PROPORCIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA RESISTENCIAS DE  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

Proporciones del Diseño de Mezcla de Concreto						
Resistencias	Proporciones				NPMCu	
	Cemento	AF	AG	a/c	%	Adición por Tanda
$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	1	2.262	2.923	0.590	0	0
					0.025	7.5 gramos
					0.05	15 gramos
					0.075	22.5 gramos
					0.1	30 gramos
$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	1	1.745	2.439	0.492	0	0
					0.025	8.5 gramos
					0.05	18 gramos
					0.075	26.5 gramos
					0.1	35.5 gramos

Nota. La tabla describe los resultados obtenidos para el manejo óptimo de las dosificaciones en el DM.

**Interpretación.** – Como parte del diseño de mezcla se obtuvieron dosificaciones parejas, pero con una notoria diferencia entre las proporciones de los agregados, teniendo como principal diferencia la relación agua: cemento, que denota límites superiores e inferiores a 0.5, además se observa cantidades mínimas de adición en NPMCu por debajo de los 40 gramos por tanda.

A su vez como parte del OE-03 sobre las propiedades físicas del concreto se tiene a temperatura, la misma que se obtuvo en función a las tandas de concreto en estado fresco, por lo que se utilizó un medidor de T°, en donde se obtuvo un promedio entre resultados para ser comparados.

TABLA IX

VARIACIÓN DE PROMEDIOS DE LA TEMPERATURA PARA CONCRETO f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)				
Muestras	f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		f'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	Δ V	% P	Δ V	% P
T° CP	0.0 °C	0.00%	0.0 °C	0.00%
T° CNCu 0.025%	0.7 °C	2.78%	0.5 °C	1.68%
T° CNCu 0.05%	1.0 °C	3.73%	1.1 °C	4.13%
T° CNCu 0.075%	1.4 °C	5.48%	1.7 °C	6.04%
T° CNCu 0.1%	1.8 °C	6.71%	2.0 °C	7.22%

Nota. La tabla describe las variaciones en la T° por efecto de las NPMCu en el concreto en estado fresco.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> se observan variaciones mínimas del concreto, por lo que estas no superan los 32°C que establece la norma, por lo que el CNCu al 0.05% se describe como mejor respuesta promedio con 3.73%, al igual que para el DM de resistencia f'c: 280 kg/cm<sup>2</sup> con 4.13%; cumpliendo lo mencionado en el OE-04.

En relación al asentamiento o Slump se optó por realizar promedios en tandas, aprovechando la dosificación del DM tomando como elemento principal de medición al cono de Abrahams, por medio del varillado, 25 veces cada tercio.

TABLA X

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA SLUMP EN EL CONCRETO  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>.

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
SLUMP (ASTM C1064 - NTP 339.184)				
Muestras	$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>		$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
Slump CP	0.3	3.6%	0.51	6.4%
Slump CNCu 0.025%	0.2	2.3%	0.28	3.6%
Slump CNCu 0.05%	0.1	0.7%	0.13	1.7%
Slump CNCu 0.075%	-0.5	-7.7%	-0.25	-3.6%
Slump CNCu 0.1%	-1.0	-10.0%	-0.64	-6.3%

Nota. La tabla describe las variaciones en el Slump o Asentamiento por efecto de las NPMCu en el concreto en estado fresco.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> se observan variaciones mínimas pero significativas del concreto, no obstante, se deben tener en cuenta los límites teóricos del DM, por este motivo el CNCu al 0.05% se describe como mejor respuesta promedio con una variación de 0.7% que si sitúa por encima de los 7.6 cm, teniendo el DM de resistencia  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> un 1.7%; cumpliendo lo mencionado en el OE-04, además se observa que con porcentajes superiores al 0.075% en NPMCu se tiene una caída en la trabajabilidad.

Para la determinación del Peso Unitario se optó por realizar promedios en tandas, tomando como elemento de medida a la Olla de Washington para las muestras.

TABLA XI

PESO O DENSIDAD UNITARIA  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
PESO UNITARIO (ASTM C138 - NTP 339.046)				
Muestras	$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>		$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
PU CP	0.00 kg/m <sup>3</sup>	0%	0.00 kg/m <sup>3</sup>	0%
PU CNCu 0.025%	9.51 kg/m <sup>3</sup>	0.4%	4.08 kg/m <sup>3</sup>	0.2%
PU CNCu 0.05%	0.68 kg/m <sup>3</sup>	0.03%	2.04 kg/m <sup>3</sup>	0.1%
PU CNCu 0.075%	7.47 kg/m <sup>3</sup>	0.3%	9.51 kg/m <sup>3</sup>	0.4%
PU CNCu 0.1%	4.07 kg/m <sup>3</sup>	0.2%	8.15 kg/m <sup>3</sup>	0.3%

Nota. La tabla describe las variaciones en el Peso Unitario por efecto de las NPMCu en el concreto en estado fresco.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> se observan variaciones mínimas pero significativas del concreto, en donde se observa el CNCu al 0.05% como mejor respuesta

promedio con una variación de 0.03% que, si sitúa entre lo esperado por la norma, ya que este se encuentra a la par del rendimiento teórico de mezcla por metro cúbico de concreto, así como para el DM de resistencia  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> en una variación del 0.1%. Cumpliendo lo mencionado en el OE-04.

Para la determinación del Peso Unitario se realizaron promedios en tandas, tomando como instrumento de medición a la Olla de Washington por medio de su manómetro.

TABLA XII

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA EL %AA EN EL CONCRETO  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
%AIRE ATRAPADO (ASTM C231 - NTP 339.081)				
Muestras	$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>		$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
%AA CP	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%
%AA CNCu 0.025%	-0.0005	-2.9%	-0.0010	-5.4%
%AA CNCu 0.05%	-0.0003	-1.7%	-0.0001	-0.5%
%AA CNCu 0.075%	0.0005	2.9%	0.0005	2.7%
%AA CNCu 0.1%	0.0011	6.3%	0.0009	4.9%

Nota. La tabla describe las variaciones en el % de Aire Atrapado por efecto de las NPMCu en el concreto en estado fresco.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> se observan variaciones mínimas pero significativas del concreto, en donde el CNCu al 0.05% en promedio representa la mejor alternativa de incorporación con una variación 1.7%, así como para el DM de resistencia  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> con un 0.5%, se entiende entonces que debido al reacomodo de partículas que ofrece el Cu se reduce el %AA, si embargo este no debe ser excesivo. Cumpliendo lo mencionado en el OE-04.

Respecto al OE-03, en las Propiedades Mecánicas del Concreto se tiene a la Resistencia a la Compresión, la misma se realiza después del periodo de desencofrado y curado en 7, 14, 21 y 28 días para las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, entonces, como parte del ensayo se utiliza la prensa hidráulica que nos arroja el dato exacto sobre la RC.

De esta manera en la TABLA XIII se observan las RC obtenidas en un promedio de 3 testigos cilíndricos por día de curado y porcentaje de NPMCu para  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. En este sentido, se establece la comparativa entre las RC, por lo que se tiene promedios en función a las normativa y porcentajes que esta estima.

TABLA XIII

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RC DEL CONCRETO  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTREO	$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RC Concreto Patrón	15.0%	18.2%	16.4%	19.4%
RC CNCu 0.025%	27.8%	26.6%	23.6%	23.4%
RC CNCu 0.05%	55.0%	42.2%	36.7%	52.4%
RC CNCu 0.075%	66.4%	50.6%	46.7%	61.5%
RC CNCu 0.1%	74.5%	56.1%	51.4%	62.4%
MUESTREO	$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RC Concreto Patrón	12.8%	11.7%	12.3%	13.9%
RC CNCu 0.025%	19.2%	15.7%	16.6%	16.8%
RC CNCu 0.05%	46.1%	35.0%	32.6%	37%
RC CNCu 0.075%	50.9%	39.3%	36.1%	40.1%
RC CNCu 0.1%	57.8%	42.3%	40.9%	41.4%

Nota. La tabla describe las variaciones de la RC por efecto de las NPMCu en el concreto en estado endurecido.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> se tiene un incremento porcentual considerable, sobre todo para el CNCu al 0.1% con 62.4% a 28 días, mostrando un mayor aumento inicial de 74.5% a 7 días, lo que demuestra la capacidad de las NPMCu y su poder como catalizador, cabe resaltar también que en el rango de CNCu al 0.05% se obtuvo un aumento de 55% a 7 días y 52.4% a 28 días: además para el DM de resistencia  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> con el CNCu al 0.1% se obtuvo un incremento de 57.8% a 7 días y 41.4% a 28 días, asimismo para el CNCu al 0.05% con aumentos de 37% a 28 días y 46.1% a 7 días. Aludiendo en cuanto a la RC que se cumplen los lineamientos dispuestos por el OGN. Por lo que se pretende dar un balance según los resultados comparados cumpliendo el OE-04.

Por consiguiente, se tiene a la Resistencia a la Tracción por Corte Diametral, la misma que se realiza después del periodo de desencofrado y curado en 7, 14, 21 y 28 días para las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, siendo ensayados los testigos en la prensa hidráulica con promedio de 3 muestras cilíndrica por días de curado y porcentaje de NPMCu.

TABLA XIV

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RT DEL CONCRETO f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTREO	f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
RT Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RT CNCu 0.025%	20.2%	17.6%	12.2%	12.7%
RT CNCu 0.05%	36.0%	26.1%	24.6%	26.7%
RT CNCu 0.075%	4.7%	5.1%	3.9%	2.5%
RT CNCu 0.1%	-0.9%	-1.0%	-2.9%	-2.3%
MUESTREO	f'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
RT Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RT CNCu 0.025%	17.8%	7.6%	8.3%	13.0%
RT CNCu 0.05%	35.4%	24.3%	23.1%	22.0%
RT CNCu 0.075%	22.4%	7.2%	6.3%	6.6%
RT CNCu 0.1%	-0.8%	-0.8%	-3.6%	-1.5%

Nota. La tabla describe las variaciones de la RT por efecto de las NPMCu en el concreto en estado endurecido.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> se tiene un incremento porcentual considerable, no obstante, hubo una caída medida en el CNCu al 0.1% con una disminución del 2.3% a 28 días, cabe resaltar que el rango más estable fue del CNCu al 0.05% quien obtuvo un aumento de 26.8% a 28 días, respaldando la hipótesis y el OE-04; además para el DM de resistencia f'c: 280 kg/cm<sup>2</sup> con CNCu al 0.1% hubo una disminución de 1.5% a 28 días, asimismo para el CNCu al 0.05% hubo aumentos de 22% a 28 días y 35.4% a 7 días. Por lo que se demuestra la relación comparativa del OGN sobre las muestras de estudio en donde se menciona por medio del OE-04 que el porcentaje óptimo es 0.05%.

En línea con la investigación se tiene a la Resistencia a la Flexión, la misma que se realiza después del periodo de desencofrado y curado en 7, 14, 21 y 28 días para las

resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, siendo ensayados los testigos en la prensa hidráulica con promedio de 3 muestras prismáticas por días de curado y porcentaje de NPMCu.

TABLA XV

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA LA RF DEL CONCRETO f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)				
MUESTREO	f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
RF Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RF CNCu 0.025%	7.4%	3.8%	0.1%	1.1%
RF CNCu 0.05%	12.0%	6.9%	0.7%	4.3%
RF CNCu 0.075%	-0.5%	-0.8%	-3.5%	-3.3%
RF CNCu 0.1%	-11.2%	-6.2%	-10.5%	-6.6%
MUESTREO	f'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
RF Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RF CNCu 0.025%	9.2%	6.4%	7.1%	5.1%
RF CNCu 0.05%	16.0%	19.6%	18.4%	11.0%
RF CNCu 0.075%	-1.6%	-0.7%	0.8%	0.0%
RF CNCu 0.1%	-5.1%	-4.1%	-3.8%	-3.9%

Nota. La tabla describe las variaciones de la RF por efecto de las NPMCu en el concreto en estado endurecido.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> hay una caída medida siendo la peor el CNCu al 0.1% con una disminución del 6.6% a 28 días, cabe resaltar que el rango más estable fue con el CNCu al 0.05% quien obtuvo un aumento de 4.3% a 28 días, respaldando lo postulado en el OE-04; además para el DM de resistencia f'c: 280 kg/cm<sup>2</sup> con CNCu al 0.1% también registró una disminución de 3.9% a 28 días, asimismo para el CNCu al 0.05% hubo aumentos de 11% a 28 días y 16% a 7 días. Por lo que se demuestra la relación comparativa del OGN en relación al OE-04 que el porcentaje óptimo es 0.05%.

Por último, se tiene al Módulo de Elasticidad o de Young, el misma que se realiza después del periodo de desencofrado y curado en 7, 14, 21 y 28 días para las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, siendo ensayados los testigos en la prensa hidráulica con promedio de 3 muestras cilíndricas por días de curado y porcentaje de NPMCu.

TABLA XVI

VARIACIÓN DE PROMEDIOS PARA EL ME DEL CONCRETO  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)				
MUESTREO	$f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
ME Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ME CNCu 0.025%	-0.1%	5.7%	-0.2%	2.0%
ME CNCu 0.05%	3.0%	3.1%	4.0%	1.3%
ME CNCu 0.075%	0.2%	-0.6%	-3.3%	2.6%
ME CNCu 0.1%	-0.8%	-2.4%	-4.1%	-0.8%
MUESTREO	$f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
ME Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ME CNCu 0.025%	3.3%	-2.3%	2.3%	-3.2%
ME CNCu 0.05%	4.8%	1.3%	1.9%	0.5%
ME CNCu 0.075%	-0.1%	-0.9%	-1.9%	-3.2%
ME CNCu 0.1%	-2.9%	-2.9%	-1.3%	-4.2%

Nota. La tabla describe las variaciones del ME por efecto de las NPMCu en el concreto en estado endurecido.

**Interpretación.** – para el DM de resistencia  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> hay una disminución del ME en un 4.2% por parte del CNCu al 0.1% a los 28 días, no obstante, se remarca la acción de las CNCu al 0.05% como adición óptima, tal como remarca la hipótesis y el OE-04; ya que se muestra un incremento a los 28 días de 1.3%, además para el DM de resistencia  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> el CNCu al 0.05% registró un aumento de 0.5% a 28 días. Por lo que se demuestra la relación comparativa del OGN en relación al OE-04 que el porcentaje óptimo es 0.05%.

Asimismo, tomando el OE-03 y OE-04 se tiene la descripción de las Propiedades Microestructurales; en primer lugar, para el análisis XRD se tomó en cuenta la adición de CNCu al 0.05% y el CP a 28 días de curado, en donde se obtuvieron componentes químicos característicos del CP como el Óxido Cálculo (CaO) en un 58.4% y el cuarzo (SiO<sub>2</sub>) en un 14.2%, ahora en el caso CNCu al 0.05% se observó la misma composición de Cu < 1%.

De la misma manera para la microscopía SEM se emplearon estas muestras en donde se observó la presencia de cristales elemento ricos en calcio para el CP, así como de Cu.

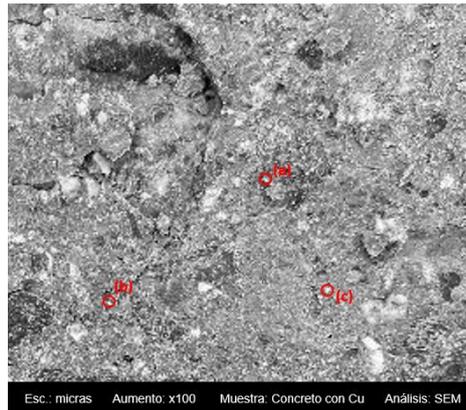


Fig. 6. Análisis SEM de una Muestra al 0.05% de NPMCu. (a), (b) y (c) Muestran partículas de Cu presentes en la mezcla de concreto, demostrando entonces que si se cohesionan con este.

**Interpretación.** – se observa que los elemento del concreto se fusión correctamente con las NPMCu al 0.05%, por lo que forma una masa homogénea que justifica la naturaleza de mejora de propiedades del concreto en estas cantidades de NNPs, además el concreto no modifica su composición o forma enlaces atípicos, porque complementa la composición química, además de estar presente en cantidad pequeñas en relación con los demás compuestos.

Luego de ejecutados los ensayos, se propone de acuerdo al OE-05 una alternativa económica viable en función al APU, dado el rendimiento por metro cúbico del concreto.

TABLA XVII

PROPUESTA ECONÓMICA EN BASE A LA RC

Análisis de Precios Unitarios por Metro Cúbico de Concreto					
f'c + adición	RC (28 días)	Concreto	PU promedio	MO + I + T	Precio Total
280 + 0%	319.00 kg/cm <sup>2</sup>	2368.9 kg/m <sup>3</sup>	S/. 0.383	1	S/.906.6
210 + 0.05%	320.11 kg/cm <sup>2</sup>	2358.7 kg/m <sup>3</sup>	S/. 0.359	2/3	S/. 848.54

Nota. Se toma como base la RC para determinar el rendimiento, en donde se observa una reducción de costos de 6.4%.

### 3.2. Discusión

Tomando el OGN se describe la discusión de resultados, primero respecto al OE-01 se identificaron las propiedades físicas de los agregados. En donde se observó una regularidad de materiales que cumplían con las condiciones de la NTP, teniendo un CH de 2.2% para el AF y 1.4% para el AG, un %ABS de 2.52% para el AF y 2.21% para el AG, con

un MF de 2.9 que coinciden con lo resuelto por [30], [31], [33]; pero difieren con [32], [36] quienes expresan porcentajes menores en estas propiedades debido al contenido diferenciado de los agregados, siendo estos principios reforzados por [48]-[49].

Ahora en cuanto al OE-02 se estableció un DM patrón y un DM con NPMCu para  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>; en donde se obtuvieron relaciones a/c de 0.59 y 0.492 respectivamente, mismas que guardan concordancia con el análisis de [31], [33], [35]- [38] y difieren con los datos obtenidos por [30], [32]; tomando en cuenta el tipo de DM aplicado [51]. Por consiguiente, como parte del OE-03 se compararon los resultados de las propiedades del concreto con NPMCu del 0.025% al 0.1% para un diseño  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.

Respecto a las propiedades físicas en ambas resistencias, para la temperatura se vio un incremento promedio de 3.73% y 4.13% en el CNCu al 0.05%, para el slump como mejor respuesta se tuvo una variación de 0.7% y 1.7% en el CNCu al 0.05%, así como para el PU se tuvo una variación de 0.03% y 0.1% en el CNCu al 0.05%, para así llegar al %AA que tuvo una mejora de 1.7% y 0.5% en el CNCu al 0.05%, siendo estos resultados contrastados por porcentajes de incorporación que asemejan sus resultados en base a lo estudiado por [30], [35], [42], [43], y se contraponen con los obtenidos por [31], [38], [41], pues muestran diferencias más marcadas con disminuciones entre el 20% y el 40% en la trabajabilidad; triangulando así estos análisis por medio de la teoría dispuesta según [48]-[49].

Del mismo modo para las propiedades mecánicas en ambas resistencias, para la RC en el rango óptimo se tiene el CNCu al 0.05% que obtuvo un aumento de 52.4% y 46.1% a 28 días, mostrando picos de crecimiento con el CNCu al 0.1% de 62.4% y 41.4% a 28 días, entonces estos incrementos guardan relación con los resultados obtenidos por [5], [29], [31], [40]- [43] no obstante son contrariados por los resultados obtenidos por [30], [32], [33], [35]- [37], [39], ya que estos emplearon cantidades de incorporación de NNPs mayores al 1%, representando aumentos por debajo del 21% [49].

Por consiguiente, para la RT en ambas resistencias, como rango óptimo se tiene el CNCu al 0.05% que obtuvo un aumento de 26.8% y 22% a 28 días, pero con una caída catastrófica del CNCu al 0.1% con una disminución del 2.3% y 1.5% a 28 días, siendo estos datos contrastados a los obtenidos por [5], [30], [36], [41], coincidiendo en que al tener intervalos de adición superiores a lo esperado en la hipótesis para la RT, por ejemplo, [39] obtuvo incrementos por debajo del 15%, ya que sus adiciones fueron superiores al 1%. Asimismo, para la RF en ambas resistencias, como rango óptimo se tiene el CNCu al 0.05% quien obtuvo un aumento de 4.3% y 16% a 28 días, pero con una caída medida del CNCu al 0.1% con una disminución del 6.6% y 3.9% a 28 días, siendo estos resultados similares a los estudios de NNPs llevados a cabo por [5], [36], [39], ya que estos mostraron aumentos por debajo del 16%, además no se observó en los antecedentes disminuciones, por el contrario tuvieron incrementos más resaltantes siendo mayores al 18% en los estudios de [31]- [32]. Como también para el ME en ambas resistencias, se remarca la acción de las CNCu al 0.05% como adición óptima a 28 días en un 1.3% y 0.5%, que difiere con los resultados dispuesto por [34], ya que este especifica incrementos en promedio de hasta un 6%.

En consecuencia, respecto propiedades microestructurales, se observó en el análisis XRD principalmente Óxido Cálculo ( $\text{CaO}$ ) en un 58.4% y cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) en un 14.2%, además para el análisis SEM se determinó que había partículas de Cu en los cristales que compone el concreto en cantidades menores al 1%, por lo que se refuerza la teoría del empleo de las NNPs para homogenizarse con el concreto, que viene a ser confirmada por [29], [32], [33].

Tomando en consideración los datos obtenidos en el análisis comparativo del OE-03, para el OE-04 se estableció como porcentaje de incorporación óptimo de NPMCu al CNCu – 0.05% de cobre, ya que hay un incremento balanceado promedio para la  $T^\circ$  en un 3.93%, para el PU en un 0.07%, para %AA en un 1.1%, para el slump en un 1.2%; así como para la RC en un 49.25%, la RT en un 24.4%, la RF en un 10.15%, el ME en un 0.9% y los análisis estructurales que muestran una unión homogénea de cristales entre el concreto y las NPMCu;

siendo respaldada esta premisa como parte de la adición de pequeñas cantidad de NNPs por [29], [39], [41], [43], concordando en que no son necesarias grandes adiciones de NNPs.

Finalmente, tomando el OE-05, se presentó una propuesta de diseño que resultó económicamente viable como aporte práctico para el estudio del concreto con NPMCu, teniendo un DM de 210 kg/cm<sup>2</sup> con CNCu al 0.05% equivalente a un DM de 280 kg/cm<sup>2</sup>, fundamentando la utilidad de las NNPs, que se relaciona con lo analizado por [29], [39].

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

Se concluye por medio del OGN que se ha resuelto la interrogante planteada de estudio por medio del análisis de las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto con sus agregados, ya que el análisis arrojó diferencias significativas cuando se incorpora NPMCu, por este motivo a través del OE-01 se determinó que debe existir un estudio de canteras para los agregados, a razón entonces de identificar las propiedades físicas de los agregados para proceder con los vaciados de testigos de concreto en laboratorio. A su vez como parte del OE-02 se especifica que debe existir un DM experimental que nos permita medir las proporciones de los agregados y los aditivos a incorporar para llevar a cabo los respectivos análisis en el laboratorio.

Ahora, como parte del OE-03 se mostraron diferencias significativas como parte de la comparativa entre las propiedades del concreto; entonces respecto a la temperatura conforme iba aumento las adiciones se afectaba la trabajabilidad del concreto, misma situación que se suscita con el aire atrapado en donde disminuye el porcentaje, por otro lado, no se observaron mayores diferencias relacionadas al peso unitario, ya que este se ajustaba al diseño correctamente en cualquier porcentaje de incorporación. Entonces, como parte del balance establecido en el OE-04 se llega a la conclusión de que la incorporación promedio de NPMCu que benefician en conjunto a las propiedades físicas es del CNCu al 0.05%

Por ende, para las propiedades mecánicas del concreto, hubo incrementos significativos siendo el más representativo la RC con 62.4% respecto al CP, sin embargo, en relación a la RT y RF, cuando se incorporaron porcentajes de 0.075% y 0.1% se vieron mermadas sus capacidades de resistencia, ya que disminuían hasta en un 8.9%; situación que no sucedió con el ME que se mantuvo con variaciones leves; por lo que se concluye que un correcto balance de estas propiedades se tiene al emplear CNCu al 0.05%. Además, cabe resaltar que en función a la composición de microestructura se determinó que existe una unión homogénea de las NPMCu con el concreto, llegando a concluir que el material se cohesiona correctamente y es funcional desde su estructura interna para ser empleado en obra.

Entonces, esta premisa reafirma el OE-04, ya que se concluye que el porcentaje de adición adecuado para el uso de NPMCu es del 0.05% respecto al peso del concreto, por ende, se aduce que este porcentaje de adición respeta el balance de crecimiento de todas las propiedades del concreto. En este contexto, con relación al OE-05 se llegó a la conclusión de que, la utilización de concreto con un porcentaje de incorporación de NPMCu al 0.05% representa una alternativa viable respecto al uso del concreto convencional.

#### **4.2. Recomendaciones**

En cuanto al análisis comparativo, se debe emplear la de la normativa, que vaya de la mano con fichas técnicas y documentación científica. Además, se debe tener en cuenta el DM, ya que es la base fundamental de las investigaciones de concreto por lo que se debe tener un estudio de canteras para obtener la mejor calidad de agregados.

Otro detalle fundamental y a resaltar es el adecuado manejo de indumentaria y equipo de trabajo para los ensayos, por ello se debe tener en cuenta sus calibraciones. Asimismo, no se debe alterar de ninguna manera el DM obtenido, en este contexto se recomienda para el estudio de NNPs utilizar tandas exclusivas para llenado de probetas y para ensayo de propiedades físicas, debido a la naturaleza catalizadora de estos compuestos.

## REFERENCIAS

- [1] K. Shah and Y. Lu, "Morphology, large scale synthesis and building applications of copper nanomaterials," *Construction and Building Materials*, vol. 180, pp. 544-578, 2018.
- [2] D. Nagao, «Nanotecnología, lo desconocido y la ley,» *Prolegómenos*, vol. 25, nº 50, pp. 15-31, 2022.
- [3] F. Britto y G. Castro, «Nanotecnología, hacia un nuevo portal científico-tecnológico,» *Química Viva*, vol. 11, nº 3, pp. 1-5, 2012.
- [4] R. Andrew, "Global CO2 emissions from cement production," *Earth Syst*, vol. 10, no. 1, pp. 195-217, 2018.
- [5] M. Atiq, "Hybrid effect of nano-alumina and nano-titanium dioxide on Mechanical properties of concrete," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 14, p. e00483, 2021.
- [6] E. Villamor, «Impacto Medioambiental del Uso de Nanopartículas,» Sevilla - España, 2020.
- [7] L. Vaca, D. Cruz, G. Fajardo, R. Orozco and F. Tienda, "Use of nano-SiO2 as a preventive maintenance surface treatment in concrete aged by carbonation," *ALCONPAT*, vol. 3, no. 10, pp. 274-285, 2020.
- [8] A. Muciño, "Concreto Nanotecnológico," *Razón y Palabra*, no. 68, pp. 1-12, 2009.
- [9] J. Rivera, A. Aguirre, R. Mejía and A. Orobio, "Chemical stabilization of soils - conventional and alkali-activated materials (review)," *Informador Técnico*, vol. 84, no. 2, pp. 43-67, 2020.
- [10] M. Gawande, A. ., F. F. Goswami, T. Asefa, X. Huang, R. Silva, X. Zou, R. Zboril and R. Varma, "Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis," *Chemical Reviews*, vol. 116, no. 6, pp. 3772-3811, 2016.
- [11] Cámara Chileno - Alemana de Comercio e Industria, "Eco Mining Concepts," 14 Diciembre 2019. [Online]. Available: <https://ecominingconcepts.cl/es/nano2-chile-logra-formula-que-permitira-desarrollar-particulas-de-nanocobre-a-menor-costos/>. [Accessed 20 Febrero 2024].
- [12] L. Saldívar, "Soft regulation, technical standards and international regulatory harmonization, for nanotechnology," *Mundo Nano*, vol. 13, no. 24, pp. 1-27, 2019.
- [13] M. Gomez, «Usos terapéuticos de Nanomateriales y Nanopartículas,» *Repertorio de Medicina y Cirugía*, vol. 28, nº 1, 2019.

- [14] R. Santana y P. Gañán, «Law and nanotechnology: defining the invisible,» *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*, vol. 49, nº 131, pp. 507-520, 2019.
- [15] A. Faustino y C. Quirino, «Nanomedicina y biomimetismo,» *Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, vol. 7, nº 12, pp. 19-31, 2021.
- [16] M. Asaad, G. Fahim, M. Hajmohammadian, P. Bothi, R. Fediuk, I. Faridmehr and F. Alrshoudi, "Gum Arabic Nanoparticles as Green Corrosion Inhibitor for Reinforced Concrete Exposed to Carbon Dioxide Environment," *Materials*, vol. 14, no. 24, pp. 1-25, 2021.
- [17] M. Taborda, N. Huerb, P. Gleize and N. Prieto, "Comparative analysis of the mechanical properties of geopolymeric matrix containing SiC nanowhiskers and TiO<sub>2</sub> nanoparticles," *Revista UIS Ingenierías*, vol. 19, no. 1, pp. 95-102, 2020.
- [18] R. Sldozian, Z. Mikhaleva and A. Tkachev, "Evaluation of the efficiency of lightweight concrete modified with additives based on nanostructures," *Materials Science and Engineering*, vol. 693, no. 1, pp. 1-10, 2019.
- [19] P. Caballero, C. Damiani and A. Ruiz, "Optimization of the concrete through the addition of nanosilice, using aggregates of the cantera de Añashuayco de Arequipa," *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 36, no. 1, pp. 71-87, 2021.
- [20] M. Kotop, M. El-Feky, Y. Alharbi, A. Abadel and A. Binyahya, "Engineering properties of geopolymer concrete incorporating hybrid nano-materials," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 12, no. 4, pp. 3641-3647, 2021.
- [21] J. Rojas y C. Landuro, «El reto de la divulgación y la formación en nanociencia,» *Mundo Nano*, vol. 4, nº 2, pp. 1-7, 2011.
- [22] Construcción y Vivienda, "Nanotecnología: Revolución industrial para la construcción," *NeoMedía360*, pp. 1-9, 16 Febrero 2022.
- [23] Y. Perera, A. Hedayal, N. Zhang, L. Figueroa, H. Bolaños, R. Canahua, I. Yanqui and N. Tupa, "Conversión de relaves mineros en materiales geopoliméricos aditivados con nanopartículas de hidróxido de calcio: estudios preliminares," *Minería*, no. 530, pp. 20-24, 2021.
- [24] Concejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica, «Innovación, Ciencia Y Tecnología Para Un Crecimiento Sustentable,» *I+D+iPERÚ*, vol. 1, nº 1, pp. 729-745, 2021.
- [25] L. Castañeda y C. Salguero, «Diseño y evaluación de concreto resistente a sulfatos mediante la adición de nanosilice para la construcción de canales en la costa norte: Caso Chavimochic Etapa I,» Alicia, Lima, 2020.

- [26] H. Hanco, «Aprovechamiento de la Escoria de la Fundición de Cobre en la Elaboración de Adoquines de Tránsito Peatonal Comparado con los Tradicionales,» Repositorio Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2021.
- [27] M. Caicedo and V. Fuentes, "Remoción de arsénico de aguas subterráneas del distrito de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción," Repositorio UNPRG, Lambayeque, 2021.
- [28] P. Burga, "Determinación de la Pérdida de Trabajabilidad, Resistencia a la Compresión y Flexión de Concretos Elaborados con Sikacem Plastificante y Sikacem-1 Plastificante, Trujillo,» Repositorio UCV, Chiclayo, 2021.
- [29] A. Vavouraki, I. Gounaki and D. Venieri, "Properties of Inorganic Polymers Based on Ground Waste Concrete Containing CuO and ZnO Nanoparticles," *Polymers*, vol. 13, no. 17, pp. 1-17, 2021.
- [30] R. Kumar, S. Natarajan, R. Singh, V. Singh, G. Babu, S. Kumar, T. Sakthi y A. Meem, «Investigation on Mechanical Durability Properties of HighPerformance Concrete with Nanosilica and Copper Slag,» *Hindawi - Journal of Nanomaterials*, vol. 2022, pp. 1-8, 2022.
- [31] C. Sobhy, T. Tawfik, G. El Hafez and A. Serag, "Insights on the influence of nano-Titanium dioxide and nano-Zinc oxide on mechanical properties and inhibiting of steel reinforcement," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, no. e01017, pp. 1-18, 2022.
- [32] H. Tran, V. Le and V. Phan, "Mechanical Properties of High Strength Concrete Containing Nano SiO<sub>2</sub> Made from Rice Husk Ash in Southern Vietnam," *Crystals*, vol. 11, no. 8, p. 932, 2021.
- [33] S. Ahmadi, A. Honarbakhsh, R. Zhiani and D. Tavakoli, "Effects of KCC-1/Ag Nanoparticles on the Mechanical Properties of Concrete," *International Journal of Engineering*, vol. 35, no. 7, pp. 1388-1397, 2022.
- [34] O. Lahayne, L. Zelaya-Lainez, T. Buchner, J. Eberhardsteiner and J. Füssl, "Influence of nanoadditives on the Young's modulus of cement," *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, pp. 2488-2494, 2022.
- [35] I. Klapiszewska, A. Parus, L. Lawniczak, T. Jesionowski, L. Klapiszewska and A. Slosarczyk, "Production of antibacterial cement composites containing ZnO/lignin and ZnO–SiO<sub>2</sub>/lignin hybrid admixtures," *Cement and Concrete Composites*, vol. 124, no. 104250, 2021.
- [36] T. A. Tawfik, K. Aly, S. EL-Beshlawy, D. Al Saffar, B. Tayeh and H. Soltan, "Exploitation of the nanowaste ceramic incorporated with nano silica to improve concrete properties," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 33, no. 8, pp. 581-588, 2021.

- [37] S. Bhattacharyya, S. Akhtar, A. Chaudhuri, S. Mahanty, P. Chaudhuri and M. Sudarshan, "Affirmative nanosilica mediated approach against fungal biodeterioration of concrete materials," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 12, p. e01258, 2022.
- [38] D. Siang, S. Chandra, V. Anggraini, S. Ying, T. Shams, C. Romero, Q.-f. Lius and B. Savija, "Influence of SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles on the properties of fly ash blended cement mortars," *Construction and Building Materials*, vol. 258, no. 119627, pp. 1-11, 2020.
- [39] P. Sikora, M. Chougan, K. Cuevas, M. Liebscher, V. Mechtcherine, S. Hamidreza, M. Liard, D. Lootens, P. Krivenko, M. Sanytsky and D. Stephan, "The effects of nano- and micro-sized additives on 3D printable cementitious and alkali-activated composites: a review," *Applied Nanoscience*, vol. 12, no. 4, pp. 805-823, 2022.
- [40] P. Dongo and O. Saavedra, "Influence of Nanosilica Addition on Concrete Permeability," *Veritas*, vol. 21, no. 1, pp. 29-38, 2021.
- [41] S. Solis, "Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas del Concreto con Aditivos de Nanopartículas de Sílice y Hierro Zvi a Partir de Precursores," Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, 2019.
- [42] G. Tejada, Z. Sarmiento and C. Huisa, "Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto," *Ciencia & Desarrollo*, no. 12, pp. 67-70, 2019.
- [43] P. Caballero, "Optimización del Concreto Mediante la Adición de Nanosílice, Empleando Agregados de la Cantera de Añashuayco de Arequipa," Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, 2019.
- [44] C. Crespín and M. Slee, "Mejoramiento de la Fluidez y Resistencia del Concreto Simple con la Aplicación de NanoSílice, Tarapoto 2021," Universidad Científica del Perú, Tarapoto, 2021.
- [45] J. Delgado, "La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, no. 3, pp. 2385-2386, 2021.
- [46] J. Chan, R. Solís and E. Moreno, "Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto," *Ingeniería*, vol. 7, no. 2, pp. 39-46, 2003.
- [47] R. Přikryl, «Geomaterials as construction aggregates: a state-of-the-art,» *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 80, n° 1, pp. 8831-8845, 2021.
- [48] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Norma E.060 Concreto Armado," in *Reglamento Nacional de Edificaciones - Resolución Ministerial N° 075 - 2023 - Vivienda, del 17/02/2023*, Lima - Perú, Megabyte, 2024, pp. 510 - 530.

- [49] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Agregados - Concreto,» de *Manual de Ensayos de Materiales*, Lima - Perú, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Viceministerios de Transportes, 2016, pp. 291 - 323, 765 - 832.
- [50] A. Muciño y L. Santa Ana, «Diseño de Mezcla,» de *Diseño de mezclas de concreto*, México, Formato de la Universidad Autónoma Del Estado De Mexico, 2017, pp. 1-13.
- [51] E. Salinas, A. Velez, S. Espín and D. Freire, "Fresh concrete and its impact on its physical and mechanical," *Revistas Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanas*, vol. 4, no. 2, pp. 2789 - 3855, 2023.
- [52] D. Jaimes, J. García y J. Rondón, «Importance Of Concrete In The Field Of Construction,» *Revista Formación Estratégica*, vol. 1, nº 2, pp. 1-13, 2020.
- [53] J. Osorio, «Resistencia Mecánica Del Concreto Y Resistencia A La Compresión,» *Concreto 360*, nº 1, pp. 1-14, 2022.
- [54] F. Sandoval, «Efectos de la Incorporación de Fibras de Acero en las Propiedades Mecánicas del Concreto con Aditivo Plastificante, Lambayeque,» Repositorio USS - Tesis de grado, Pimentel, 2022.
- [55] Instituto de la Construcción y Gerencia, «La Resistencia a la Tracción del Concreto,» *Asocem*, vol. 1, nº 59, pp. 1-3, 1994.
- [56] M. Madrid, «Portal del Petróleo,» Mecánica de Roca aplicada al Fracking: Conceptos elementales, 13 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://portaldelpetroleo.com/introduccion-a-la-mecanica-de-roca-aplicada-al-fracturamiento-hidraulico/>. [Último acceso: 24 Febrero 2024].
- [57] J. Osorio, «360 en Concreto,» ¿Qué Es El Módulo De Elasticidad En El Concreto?, 2024. [En línea]. Available: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/elasticidad-del-concreto/>. [Último acceso: 24 Febrero 2024].
- [58] Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AC, "Determinación del Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson NMX-C-128-1997ONNCCE," *El Concreto en la Obra*, vol. 2, no. 18, pp. 1-5, 2009.
- [59] A. Balza, O. Corona, A. Alarcón, J. Echevarrieta, M. Goite y G. González, «Estudio Microestructural Del Cemento Portland Aditivado Con Nanomateriales,» *Acta Microscópica - Special Issue from extended papers presented at XIII CIASEM 15*, vol. 25, nº 1, pp. 39 - 47, 2016.
- [60] EuroLab, «Pruebas Ambientales,» Análisis XRD, 2023. [En línea]. Available: <https://www.labaratuar.com/es/testler/cevresel/xrd-analizi/>. [Último acceso: 2024 Febrero 24].

- [61] JS Industrial, «JS Industrial,» Método de Análisis XRD, 2024. [En línea]. Available: <https://www.jsindustrial.com.pe/metodo-xrd-en-la-mineria-aeris-de-malvern-panalytical/>. [Último acceso: 2024 Febrero 24].
- [62] RIU - Regnum Christi International Universities, «Importancia de la Caracterización Microestructural por Microscopía Electrónica de Barrido en los Materiales de Construcción,» Anahuac, 2024. [En línea]. Available: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Importancia-caracterizacion-microestructural-microscopia-electronica-de-barrido-en-materiales-de-construccion>. [Último acceso: 2024 Febrero 24].
- [63] InterPro, «Análisis de Precios Unitarios,» InterPro, 07 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.interpro.ec/analisis-de-precios-unitarios/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20An%C3%A1lisis%20de,u%20construcci%C3%B3n%20en%20pa%C3%ADses%20latinos..> [Último acceso: 25 Febrero 2024].
- [64] M. Pérez, «La Importancia del Concreto como Material de Construcción,» Cemei - Océano - Innovación en Materiales, Subsistemas y Componentes, 21 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://cemieoceanouninter.wordpress.com/2017/07/21/ejemplo-otros-articulos/>. [Último acceso: 24 Febrero 2024].
- [65] S. Heredia, "Experiencias sobre la Corrosión en Metales de Uso Cotidiano," *Eureka*, vol. 8, no. Extraordinario, pp. 466 - 475, 2010.
- [66] M. SanJúan y S. Chinchón, «Los conglomerantes y el cemento,» de *Introducción A La Fabricación Y Normalización Del Cemento Portland*, Alicante - España, Publicaciones Universidad Alicante, 2015, pp. 10 - 12.
- [67] M. Desai, «Why Cement is Important Construction Material?,» 2016 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://gharpedia.com/blog/why-cement-important-construction-material/>. [Último acceso: 22 Febrero 2024].
- [68] Horcalsa, «Diferencia entre la cal viva y cal apagada,» 02 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.horcalsa.com/blog/diferencia-entre-la-cal-viva-y-cal-apagada/#:~:text=La%20cal%20apagada%20o%20hidr%C3%B3xido,ambiental%2C%20desinfecci%C3%B3n%2C%20entre%20otros..> [Último acceso: 22 Febrero 2024].
- [69] L. Cure, «360 en Concreto,» 2020. [En línea]. [Último acceso: 22 Febrero 2024].
- [70] A. Aphan and B. Galarreta, "Nanotechnology's Potential To Prevent That Sars-Cov-2 Enters Our Organism," *Revistas de Química*, vol. 35, no. 1, pp. 31 - 36, 2021.
- [71] R. Ahmed y N. Ugur, «Nanoparticles used as an ingredient in different types of concrete,» *SN Applied Sciences*, vol. 3, nº 529, pp. 1-17, 2021.

- [72] B. Madhulika, A. Rythem, S. Pooja, R. Prerna, S. Neha and S. Khushwace, "Review— Multifunctional Copper Nanoparticles: Synthesis and Applications," *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 1 - 11, 2021.
- [73] S. L. Prabha, M. Gopalakrishnan and M. Neelamegam, "Development of High-Strength Nano-Cementitious," *ACI Materials Journal*, vol. 117, no. 4, pp. 37 - 46, 2020.
- [74] SAT Nano Technology Material CO., Ltd., «SAT NANO,» SAT Nano Technology, 21 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.satnanomaterial.com/>. [Último acceso: 24 Febrero 2024].
- [75] J. Arias y M. Covinos, *Diseño y Metodología de la Investigación*, Arequipa: Enfoques Consulting EIRL, 2021.
- [76] R. Hernández y C. Mendoza, *Metodología de la Investigación*, México: Mc Graw Hill, 2018.
- [77] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios y H. Romero, *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*, Novena ed., vol. 53, México: Journal of Chemical Information and Modeling, 2018, pp. 1689-1699.
- [78] E. Flores, M. Miranda and M. Villasís, "The research protocol VI: How to choose the appropriate statistical test. Inferential statistics," *Revista Alergia México*, vol. 64, no. 3, pp. 364-370, 2017.
- [79] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios and H. Romero, *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*, Novena ed., vol. 53, México: Journal of Chemical Information and Modeling, 2018, pp. 1689-1699.
- [80] C. Flores and K. Flores, "Pruebas Para Comprobar La Normalidad De Datos En Procesos Productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk Y Kolmogórov-Smirnov," *Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas*, vol. 23, no. 2, pp. 1-15, 2021.
- [81] L. Ecurra, "Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces," *Revista de Psicología*, vol. 6, no. 1-2, pp. 103-111, 1988.
- [82] Colegio de Ingenieros del Perú [CIP], «Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú,» *CIP*, vol. 1, nº 1, pp. 1-36, 2020.
- [83] Universidad Señor de Sipán SAC, «Código De Ética En Investigación De La Universidad Señor De Sipán S.A.C. Versión 9,» 30 Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.uss.edu.pe/uss/TransparenciaDoc/RegInvestigacion/C%C3%B3digo%20de%20%C3%89tica.pdf>. [Último acceso: 20 Febrero 2024].
- [84] D. Castro, «Tesis comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico,» Repositorio USS, Pimentel, 2019.

- [85] L. Orams, "Importancia de los Agregados y Canteras en las Obras Viales," in *Conferencia ILIEV*, Lima, 2021.
- [86] Cementos Pascasmayo S.A.A., «Cemento Portland Tipo I "Estructural",» 31 Octubre 2023. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ecosaco.cementospacasmayo.com.pe/wp-content/uploads/2023/10/FICHA-INFORMATIVA-TIPO-I-.pdf. [Último acceso: 22 Febrero 2024].
- [87] Fisher Scientific, «Tabla Periódica Interactiva de los Elementos,» Thermo Fisher Scientific, 15 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.fishersci.es/es/es/periodic-table.html>. [Último acceso: 23 Febrero 2024].
- [88] Diario el Peruano, «Aprueban Normas Técnicas Peruanas versión 2018 sobre hormigón , concreto , agregados y cementos,» *El Peruano*, vol. 1, nº 1, pp. 238-240, 2018.

## ANEXOS

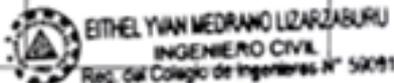
### Anexo I. Acta de Aprobación del Asesor



#### ACTA DE REVISIÓN DE APROBACIÓN DEL ASESOR

Yo, **Medrano Lizarzaburu Eithel Yvan**, quien suscribe como el asesor designado mediante Resolución de Facultad N° 0774-2023 del proyecto de investigación titulado **"Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre"**, desarrollado por el estudiante: **Sánchez Chicana John Antony**, del programa de estudios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, acredito haber revisado, y declaro expedito para que continúe con el trámite pertinente.

Entonces, en virtud de los antes mencionado, firma:

Medrano Lizarzaburu Eithel Yvan	DNI: 1662726	 
---------------------------------	--------------	---

Pimentel, 29 de mayo del 2024

## Anexo II y III. Evidencia de Recepción del Artículo Científico a la Revista



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

---

HOME

ACERCA DE    BUSCAR    ACTUAL    ARCHIVO    YA DISPONIBLE

Inicio > Usuario > Autor > Envíos > Nuevo envío

1. EMPEZAR    **2. CARGAR ENVÍO**    3. INTRODUCIR METADATOS    4. CARGAR ARCHIVOS COMPLEMENTARIOS    5. CONFIRMACIÓN

Para subir un manuscrito a esta revista, complete los siguientes pasos.

1. En esta página, haga clic en Examinar (o Elegir archivo) que abre una ventana Elegir archivo para ubicar el archivo en el disco duro de su computadora.
2. Localice el archivo que desea enviar y resáltelo.
3. Haga clic en Abrir en la ventana Elegir archivo, que coloca el nombre del archivo en esta página.
4. Haga clic en Cargar en esta página, que carga el archivo desde la computadora al sitio web de la revista y le cambia el nombre siguiendo las convenciones de la revista.
5. Una vez que se cargue el envío, haga clic en Guardar y continuar en la parte inferior de esta página.

¿Encontrando dificultades? Comuníquese con [Revista Ingeniería de Construcción](#) para asistencia (+56(2)3544244).

---

### Archivo de envío

Nombre del archivo	1676-8719-1-SM.docx
Nombre de archivo original	Sánchez Chicana_Artículo Científico_Inglés_REVISTA.docx
Tamaño del archivo	1MB
Fecha de carga	2023-08-16 13:42

---

Reemplazar archivo de envío        Ninguno archivo selec.        ASEGURANDO UNA REVISIÓN CIEGA

---



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE**  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

# Revista Ingeniería de Construcción

ISSN: 0718-5073

---

HOME

ACERCA DE    BUSCAR    ACTUAL    ARCHIVO    YA DISPONIBLE

Inicio > Usuario > Autor > Envíos activos

ACTIVO    ARCHIVO

IDENTIFICACIÓN	MM-DD ENVIAR	SEGUNDO	AUTORES	TÍTULO	ESTADO
1676	08-16	INV	Sánchez Chicana, López Carranza	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOCOBRE (NCU) EN LA...	En espera de la asignación

---

**Iniciar un nuevo envío**  
 HAGA CLIC AQUÍ para ir al paso uno del proceso de envío de cinco pasos.

---

### Devoluciones

TODOS    NUEVO    PUBLICADO    IGNORADO

FECHA AGREGADA	GOLPES	URL	ARTÍCULO	TÍTULO	ESTADO	ACCIÓN
Actualmente no hay reembolsos.						

Idioma

---

Nube de palabras clave

Brasil Puentes Concreto vulnerabilidad sísmica puentes resistencia a la compresión **construcción de concreto** corrosión degradación diseño durabilidad eficiencia energética evaluación propiedades mecánicas permeabilidad calidad confiabilidad vulnerabilidad sísmica sustentabilidad absorción de agua

## Anexo IV. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	MÉTODOS
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es la reacción del concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre (NPMCu) tomando en cuenta sus propiedades físicas, mecánicas y microestructurales, Pimentel, 2024?</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>la incorporación de NPMCu en un porcentaje de 0.05% en peso respecto a la composición del CP contribuyen de manera excepcional en relación a la mejora las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del mismo, es decir, es un extraordinario aditivo catalizador que mejora el comportamiento general del concreto en dicha concentración, sin alterar, disminuir o anular el balance que existe entre sus mismas propiedades, Pimentel, 2024.</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Analizar de manera comparativa la reacción del CP y el concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre (NPMCu) tomando en cuenta sus propiedades físicas, mecánicas y microestructurales, Pimentel, 2024.</p> <hr/> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>OE-01: Identificar las propiedades físicas agregados que componen el concreto y la composición del componente en NPMCu.</p> <p>OE-02: Establecer un diseño de mezcla patrón y experimental para un concreto con <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> y <math>f'c = 280 \text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p>OE-03: Comparar los resultados de las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del CP y el concreto con incorporación de NPMCu del 0.025% al 0.1% para una resistencia de diseño <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> y <math>f'c = 280 \text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p>OE-04: Establecer el porcentaje de incorporación óptimo de NPMCu, que mejore de manera balanceada las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales.</p> <p>OE-05: Presentar una propuesta de diseño económicamente viable como aporte práctico que involucre las NPMCu para el concreto.</p>	<p><b>V.I.:</b></p> <p>Nanopartículas Metálicas de Cobre (NPMCu)</p> <p><b>V.D.:</b></p> <p>Propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto</p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental</p> <p><b>Nivel:</b> Cuasi experimental</p> <hr/> <p><b>Población:</b> Muestras de concreto.</p> <hr/> <p><b>Muestras:</b> Se realizó 480 muestras de concreto en total, para ensayos en estado endurecido.</p> <hr/> <p><b>Técnicas:</b></p> <p>Observación directa</p> <p>Análisis documental</p> <hr/> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Guía de observación</p> <p>Guía de documentos</p>

### Anexo V. Operacionalización de Variable Independiente

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Nanopartículas Metálicas de Cobre (NPMCu)	Las NPMCu vienen a ser un elemento químico dosificado a 100 nm de naturaleza sólida que en teoría funciona como un catalizador que vendría a ser beneficioso para el estudio del concreto y sus propiedades [74].	Como tal se pretende analiza de manera comparativa la acción de las NPMCu incorporadas en dosificaciones específicas respecto al concreto por medio del estudio de sus propiedades y determinar un porcentaje óptimo, así como su viabilidad.	Diseño de Mezcla	Dosificación en Peso Dosificación en Volumen	Fichas de Recolección de Datos por Observación Experimental y Formatos de Recolección para Ensayos Realizados	kg m <sup>3</sup>	Variable Numérica	De razón
			Diseño de Mezcla con Resistencias f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup>	Concreto Patrón CP al 0% CNCu al 0.025% CNCu al 0.05% CNCu al 0.075% CNCu al 0.1%	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	kg kg kg kg kg		
			Dosificación del Material	Medida en Peso Medida en Volumen	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	kg m <sup>3</sup>		
			Características Físico - Químicas	Catalizador Apariencia Asimilación	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	ppm color %		
			Composición	Cobre en Nanopartículas	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	ppm		
			Evaluación Económica	Costo Neto de Material Costo del Traslado	Revisión documentaria, de artículos científicos y la normativa vigente (nacional y extranjera)	\$USD S/.		

## Anexo VI. Operacionalización de Variable Dependiente

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de Recolección de Datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del concreto	Estas se definen como las propiedades fundamentales del concreto, mismas que deben estar presentes en un balance tal, que le permitan desenvolverse óptimamente [49], [52], [59].	Entonces, se pretende analizar de manera comparativa por medio de ensayos en laboratorio, las propiedades del concreto para resistencias de 210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup> , siendo estas tanto físicas, como mecánicas y microestructurales.	Propiedades Físicas del Concreto en Estado Fresco	Temperatura Asentamiento o Slump Porcentaje de Aire Atrapado Peso o Densidad Unitaria	Fichas de Recolección de Datos por Observación Experimental y Formatos de Recolección para Ensayos Realizados	°C pulgadas % kg/m <sup>3</sup>	Variable Numérica	De razón
			Propiedades Mecánicas del Concreto en Estado Endurecido	Resistencia a la Compresión Resistencia a la Tracción Módulo de Elasticidad Resistencia a la Flexión	kg/cm <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>			
			Propiedades Microestructurales del Concreto en Estado Endurecido	Difracción de Rayos X (XRD) Microscopia Electrónica de Barrido (SEM)	ppm ppm			
			Diseño de Mezcla	Agregados Naturales	kg			
				Cemento	bolsas			
				NPMCu	ppm			
				Agua	litros			

**Anexo VII.** Tablas Complementarias de Normativa, Composición de Materiales, Formatos, Fichas Técnicas, Muestreo y Figuras sobre los Resultados.

TABLA XVIII

NORMATIVA SOBRE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

<b>Normativa Vigente para la Granulometría</b>	
AGREGADO	NTP 400.012 "Análisis Granulométrico de los Agregado Finos, Gruesos y Globales"
FINO Y GRUESO	ASMT C33 "Standard Specification for Concrete Aggregates"
	MTC E.204 "Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos"

Nota. La tabla resume la normativa vigente sobre la Granulometría de los agregados [49].

TABLA XIX

NORMATIVA SOBRE EL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

<b>Normativa Vigente para el Peso Unitario</b>	
AGREGADO	NTP 400.017 "Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados"
FINO Y GRUESO	ASMT C29 "Normalized Test Method to determine apparent density ("unit weight") and Void Index in Aggregates"
	MTC E.203 "Peso Unitario y Vacío de los Agregados"

Nota. La tabla resume la normativa vigente de la Densidad o Peso Unitario de los agregados [49].

TABLA XX

NORMATIVA SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

<b>Normativa Vigente para el Contenido de Humedad</b>	
AGREGADO	NTP 339.185 "Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado"
FINO Y GRUESO	ASMT C566 "Standardized Test Method to Determine the Total Evaporable Moisture Content of Aggregates by Drying"
	MTC E.215 "Método de Ensayo para Contenido de Humedad Total de los Agregados por Secado"

Nota. La tabla resume la normativa vigente del Contenido de Humedad de los agregados [49].

TABLA XXI

NORMATIVA SOBRE EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

<b>Normativa Vigente para el Peso Específico y Absorción</b>	
AGREGADO FINO	NTP 339.021 "Peso Específico y Absorción del Agregado Fino"
	ASMT C127 "Density and absorption of fine aggregate"
	MTC E.205 "Gravedad Específica y Absorción de Agregado Finos"
AGREGADO GRUESO	NTP 339.022 "Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso"
	ASMT C128 "Density and absorption of coarse aggregate"
	MTC E.206 "Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso"

Nota. La tabla resume la normativa vigente de Peso Específico y Absorción de los agregados [49].

TABLA XXII

NORMATIVA SOBRE EL CEMENTO

<b>Normativa Vigente para el Cemento</b>	
CEMENTO PORTLAND	NTP 334.009 "Cemento Portland. Método de ensayo normalizado para optimizar el SO <sub>3</sub> usando resistencia a la compresión"
Tipo I	ASMT C150 "Specifications for Portland cement types I, II, III, IV and V"

Nota. La tabla resume la normativa vigente del cemento para el DM [52].

TABLA XXIII

NORMATIVA SOBRE EL AGUA PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

<b>Normativa Vigente para el Agua en el DM</b>	
Agua para Concreto	NTP 339.088 "Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland"

Nota. La tabla resume la normativa vigente sobre el uso del agua para el DM [48].

TABLA XXIV

NORMATIVA SOBRE EL AGUA PARA EL CURADO DE ESPECÍMENES

<b>Normativa Vigente para para el Agua de Curado</b>	
Agua de Curado	NTP 339.033 “Práctica Normalizada para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Campo”
	ASMT C192 “Standard Practice of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”

Nota. La tabla resume la normativa vigente que avala el uso del agua potable para el DM [48].

TABLA XXV

NORMATIVA SOBRE EL MEZCLADO PARA LA CONFORMACIÓN DEL CONCRETO

<b>Normativa de Mezclado</b>	
Mezclado de Materiales para el Concreto	ASTM C94M “Standard Specification for Ready – Mixed Concrete”

Nota. La tabla resume la normativa vigente que respalda el mezclado de los materiales que componen el DM [48].

TABLA XXVI

NORMATIVA SOBRE EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

<b>Normativa sobre el Asentamiento del Concreto</b>	
Asentamiento o Slump	NTP 339.035 “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland”
	ASTM C143 “Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete”
	AASHTO T119M “Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete”
	MTC E705 “Asentamiento del Concreto (Slump)”

Nota. La tabla resume la normativa vigente que respalda la realización del asentamiento o slump [49].

TABLA XXVII

NORMATIVA SOBRE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO

<b>Normativa sobre la Temperatura del Concreto</b>	
Temperatura	NTP 339.184:2002 "Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)"
	ASTM C1064:1999 "Standard test method for temperature of freshly mixed Portland cement concrete."
	MTC E724 "Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Temperatura de Mezclas de Concreto"

Nota. La tabla resume la normativa vigente que respalda el ensayo de temperatura del concreto [49].

TABLA XXVIII

NORMATIVA SOBRE LA DENSIDAD O PESO UNITARIO

<b>Normativa sobre la Densidad o Peso Unitario</b>	
Densidad o Peso Unitario	NTP 339.046 "Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón"
	ASTM C138 "Standard Test Method for Density (Unit Weight), Volume and Air Content (Gravimetric Method)"
	MTC E714 "Peso Unitario de Producción (Rendimiento) y Contenido de Aire (Gravimétrico)"
	AASHTO T121 "Determination of density, or unit weight, of freshly mixed concrete"

Nota. La tabla resume la normativa vigente que respalda el ensayo de Densidad o Peso Unitario del concreto [49].

TABLA XXIX

NORMATIVA SOBRE EL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

<b>Normativa sobre el Contenido de Aire Atrapado</b>	
Contenido de Aire Atrapado	NTP 339.083 "Método de ensayo normalizado para contenido del aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco por el método de presión"
	ASTM C231 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method"
	MTC E706 "Contenido de Aire en el Concreto Fresco – Método de Presión"
	AASHTO T152 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method"

Nota. La tabla resume la normativa vigente que respalda el ensayo del Porcentaje de Aire Atrapado [49].

TABLA XXX

## NORMATIVA SOBRE LA ELABORACIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO

<b>Normativa Vigente para la Elaboración de Probetas</b>	
Elaboración de Probetas	NTP 339.033 “Práctica Normalizada para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en Campo”
	ASMT C192“Standard Practice of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”

Nota. En la tabla se describe la normativa para la elaboración de testigos de concreto [49].

TABLA XXXI

## DISEÑO DE MEZCLA EN PROPORCIONES

<b>Proporciones Finales De DM</b>		
Agregados	En Peso	En Volumen
<b>Arena:</b>	a kg	A m <sup>3</sup>
<b>Piedra:</b>	b kg	B m <sup>3</sup>
<b>Agua:</b>	c kg	C m <sup>3</sup>
<b>Cemento:</b>	d kg	D m <sup>3</sup>
<b>TOTAL =</b>	<b>T kg</b>	<b>T m<sup>3</sup></b>

Nota. La tabla resume las proporciones del DM [50].

TABLA XXXII

## DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES DEL Cu

<b>Propiedades del Cobre – Composición</b>	
Densidad	8.92 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de Young	211 MPa
Resistencia al Corte	48 MPa
Dureza	490 MPa
Número Atómico	29
Peso Atómico	63.55
Punto de Fusión	1538 °C
Punto de Ebullición	2861 °C
Fase Natural	Sólido

Nota. Se describen las propiedades y características básicas del cobre [87].

TABLA XXXIII

ESPECIFICACIÓN SOBRE LA ELECCIÓN DE LAS NPM<sub>Cu</sub> EN LABORATORIO

<b>NPM<sub>Cu</sub></b>					
Nomenclatura	Dimensión	Pureza	Densidad	Cristal	Color
MP29 – 50N	50 nm	99.9%	8.9 gr/cm <sup>3</sup>	Esférico	Negro
MP29 – 100N	100 nm	99.9%	8.9 gr/cm <sup>3</sup>	Esférico	Rojo Oscuro
MP29 – 1U	1 $\mu$ m	99.9%	8.9 gr/cm <sup>3</sup>	Esférico	Rojo
MP29 – 5U	2 $\mu$ m	99.9%	8.9 gr/cm <sup>3</sup>	Casi Esférico	Rojo

Nota. Se describen los tipos disponibles de partículas de Cu en laboratorio [74].

TABLA XXXIV

## CERTIFICATE OF ANALYSIS OF METALLIC COPPER NANOPARTICLES

<b>Certificate of Analysis</b>	
Atomicidad	Porcentajes
Cu (cobre)	99.99%
Fe (hierro)	0.02%
Ni (níquel)	0.03%
Bi (bismuto)	0.02%
Zn (zinc)	0.01%
Sn (estaño)	0.01%
Sb (antimonio)	0.007%
As (arsénico)	0.002%
Pb (plomo)	0.001%

Nota. La tabla describe la composición química de las NPM<sub>Cu</sub> [74].

TABLA XXXV

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y REQUISITOS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I

<b>Requisitos Químicos - Composición</b>	
MgO	60%
SO <sub>3</sub>	30%
Pérdida por Ignición	3.5%
Residuo Insoluble	1.5%
<b>Requisitos Químicos – Resistencia y Pesos Específicos</b>	
Peso Específico	3.15 kg/m <sup>3</sup>
RC (3 días)	12 MPa
RC (7 días)	19 MPa
RC (28 días)	28 MPa
Fraguado Inicial	45 minutos
Fraguado Final	375 minutos

Nota. La tabla resume la normativa vigente del cemento [86].

TABLA XXXVI.

## MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RC.

<b>Muestras de ensayos realizados en laboratorio</b>								
<b>f'c</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b> <b>NPMCu</b>	<b>Curado (días)</b>				<b>Parcial</b>	<b>RC</b>	
		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>		<b>Total</b>	
<b>210</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60	
	0.025%	3	3	3	3	12		
	0.05%	3	3	3	3	12		
	0.075%	3	3	3	3	12		
	0.1%	3	3	3	3	12		
<b>280</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60	
	0.025%	3	3	3	3	12		
	0.05%	3	3	3	3	12		
	0.075%	3	3	3	3	12		
	0.1%	3	3	3	3	12		
<b>Total</b>						<b>120</b>	<b>120</b>	

Nota. El cuadro describe el muestreo para la RC [54].

TABLA XXXVII

## MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RT

<b>Muestras de ensayos realizados en laboratorio</b>								
<b>f'c</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b> NPMCu	<b>Curado (días)</b>				<b>Parcial</b>	<b>RT</b>	
		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>		<b>Total</b>	
<b>210</b>	CP (0%)	3	3	3	3	12	60	
	0.25%	3	3	3	3	12		
	0.5%	3	3	3	3	12		
	0.75%	3	3	3	3	12		
	1%	3	3	3	3	12		
<b>280</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60	
	0.25%	3	3	3	3	12		
	0.5%	3	3	3	3	12		
	0.75%	3	3	3	3	12		
	1%	3	3	3	3	12		
<b>Total</b>						<b>120</b>	<b>120</b>	

Nota. El cuadro describe el muestreo para la RT [61].

TABLA XXXVIII

## MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA RF

<b>Muestras de ensayos realizados en laboratorio</b>								
<b>f'c</b> <b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b> NPMCu	<b>Curado (días)</b>				<b>Parcial</b>	<b>RF</b>	
		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>		<b>Total</b>	
<b>210</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60	
	0.25%	3	3	3	3	12		
	0.5%	3	3	3	3	12		
	0.75%	3	3	3	3	12		
	1%	3	3	3	3	12		
<b>280</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60	
	0.25%	3	3	3	3	12		
	0.5%	3	3	3	3	12		
	0.75%	3	3	3	3	12		
	1%	3	3	3	3	12		
<b>Total</b>						<b>120</b>	<b>120</b>	

Nota. El cuadro describe el muestreo para la RF [61].

TABLA XXXIX

MUESTREO DE ENSAYOS REALIZADOS CON EL CP Y LA INCORPORACIÓN DE NPMCu PARA ME

<b>Muestras de ensayos realizados en laboratorio</b>							
<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% NPMCu</b>	<b>Curado (días)</b>				<b>Parcial</b>	<b>ME</b>
		<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>		<b>Total</b>
<b>210</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60
	0.025%	3	3	3	3	12	
	0.05%	3	3	3	3	12	
	0.075%	3	3	3	3	12	
	0.1%	3	3	3	3	12	
<b>280</b>	Patrón	3	3	3	3	12	60
	0.025%	3	3	3	3	12	
	0.05%	3	3	3	3	12	
	0.075%	3	3	3	3	12	
	0.1%	3	3	3	3	12	
<b>Total</b>						120	120

Nota. El cuadro describe el muestreo para el ME [61].

TABLA XL

FORMATOS DE ENSAYOS Y FICHAS TÉCNICAS DE RESUMEN EN LABORATORIO

<b>Formatos y fichas técnicas de laboratorio</b>
<b>I. Tecnología de los materiales</b>
- Formato (FT) de Ensayo para Granulometría
- Ficha Técnica de Resumen de Resultado en Granulometría
<b>II. Propiedades de los agregados</b>
- FT de ensayo y obtención de Peso Unitario (PU) y Porcentaje de Humedad (CH) de Agregado Fino
- FT de ensayo y obtención de PU y CH de Agregado Grueso
- F. de Ensayo para Peso Específico y Absorción de Agregados
- Ficha Técnica de Resumen de Resultados de Agregados
<b>III. Diseño de mezcla del concreto</b>
- F. de recolección de datos para el diseño de mezcla del concreto
- Ficha Técnica de Resumen de Diseño de Mezcla
<b>IV. Propiedades físicas del diseño de mezcla</b>
- FT de datos sobre el contenido de aire del concreto
- FT de datos sobre el peso unitario del concreto
- FT de datos sobre el asentamiento del concreto
- FT de datos sobre la determinación de la temperatura del concreto
<b>V. Propiedades mecánicas del diseño de mezcla</b>
- FT de datos para la determinación de la RC
- FT de datos para la determinación de la RT
- FT de datos para la determinación de la RF
<b>VI. Propiedades microestructurales del diseño de mezcla</b>
- FT de datos para la determinación del análisis SEM y XRD
<b>VII. Propuesta económica</b>
- FT de viabilidad de costos para la propuesta económica de diseño de mezcla

Nota. La tabla resume los ensayos prácticos experimentales [84].

TABLA XLI

## DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN

<b>Normativa Técnica</b>	
<b>I. En Agregados</b>	
- Análisis granulométrico	NTP 400.012
- Peso unitario y porcentaje de vacíos del agregado	NTP 400.017
- Peso específico y absorción del agregado fino	ASTM C128 – 01 NTP 400.022
- Peso específico y absorción del agregado grueso	ASTM C127 – 1 NTP 400.021
- Contenido de humedad total	NTP 339.185
- Abrasión de Los Ángeles	NTP 400.019
<b>II. En Concreto</b>	
<b>Concreto en estado fresco</b>	
- Contenido de aire atrapado	NTP 339.083
- Peso unitario	NTP 339.046
- Asentamiento	ASTM C143 NTP 339.035
- Temperatura	NTP 339.184
<b>Concreto en estado endurecido</b>	
- Elaboración y curado de especímenes	NTP 339.033
- RC del concreto, en testigos cilíndricas	ASTM C39 NTP 339.034
- RT del concreto, en testigos cilíndricas	ASTM C – 496
- RF del concreto, en testigos cilíndricas	NTP 339.078

Nota. La tabla resume la normativa técnica empleada [84], [88].

TABLA XLII

## ELECCIÓN DE PRUEBA ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA.

PRUEBA ESTADÍSTICA DE ACUERDO CON LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO Y LA ESCALA DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES			
Objetivos del Estudio	VARIABLES y Distribución	Tipo de Muestra	Prueba Recomendada
Comparar 2 promedios	Cuantitativa, distribución normal	Muestras Relacionadas	t de Student
		Muestras Independientes	t de Student
Comparar $\geq 3$ grupos	Cuantitativas discontinuas y continuas sin distribución normal	Muestras Relacionadas	Wilcoxon
		Muestras Independientes	U Mann Whitney
Comparar $\geq 3$ grupos	Cuantitativa, distribución normal	Muestras Relacionadas	Análisis de Varianza (ANOVA) de 2 vías
		Muestras Independientes	ANOVA de 1 vía
Comparar $\geq 3$ grupos	Cuantitativas discontinuas y continuas sin distribución normal	Muestras Relacionadas	Friedman
		Muestras Independientes	Kruskal - Wallis

Nota. Elección de prueba paramétrica [78].

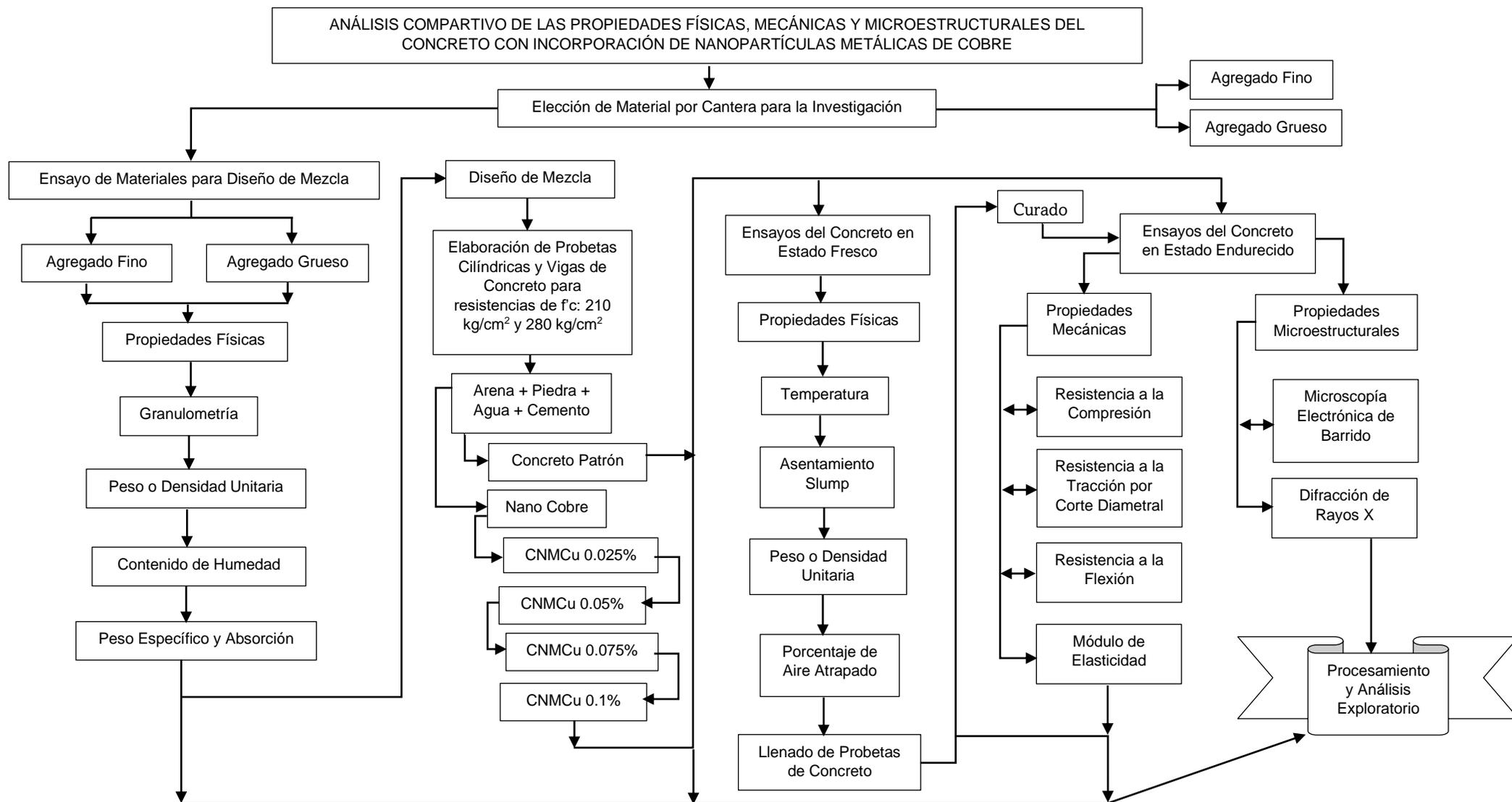


Fig. 7. Diagrama de flujo de ensayos de materiales y el concreto.

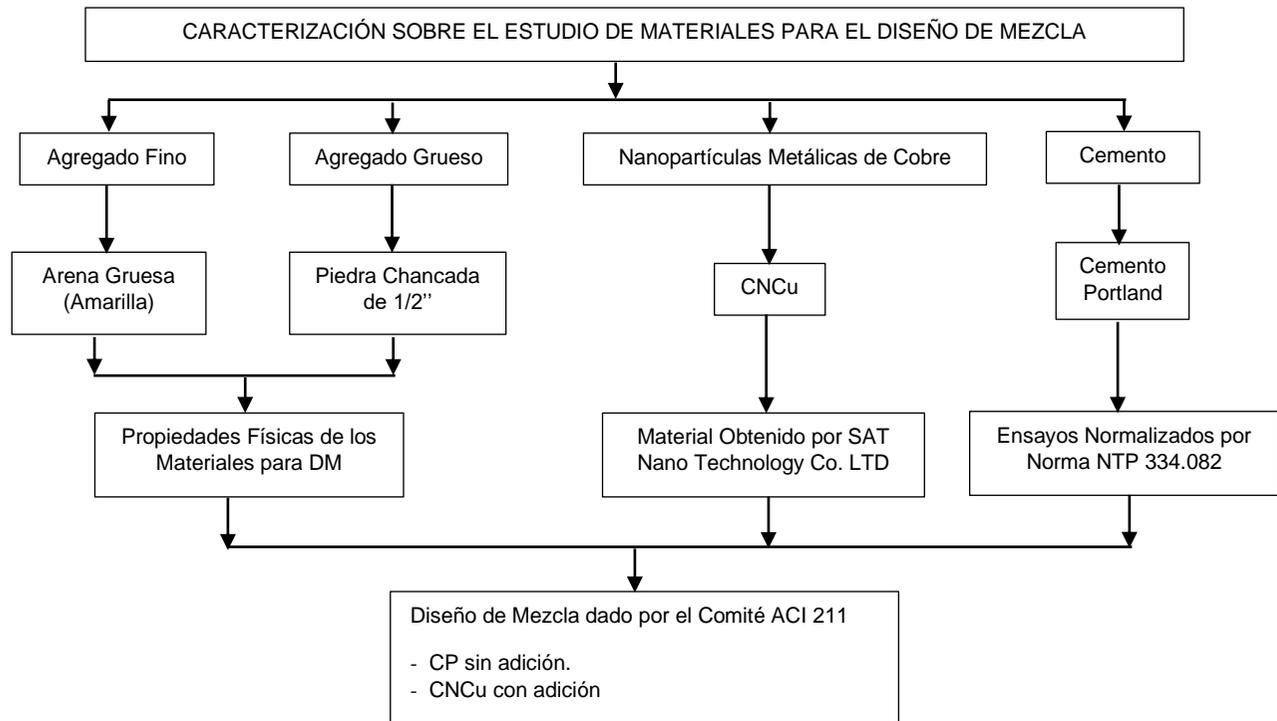


Fig. 8. Diagrama de flujo sobre la caracterización de los materiales.

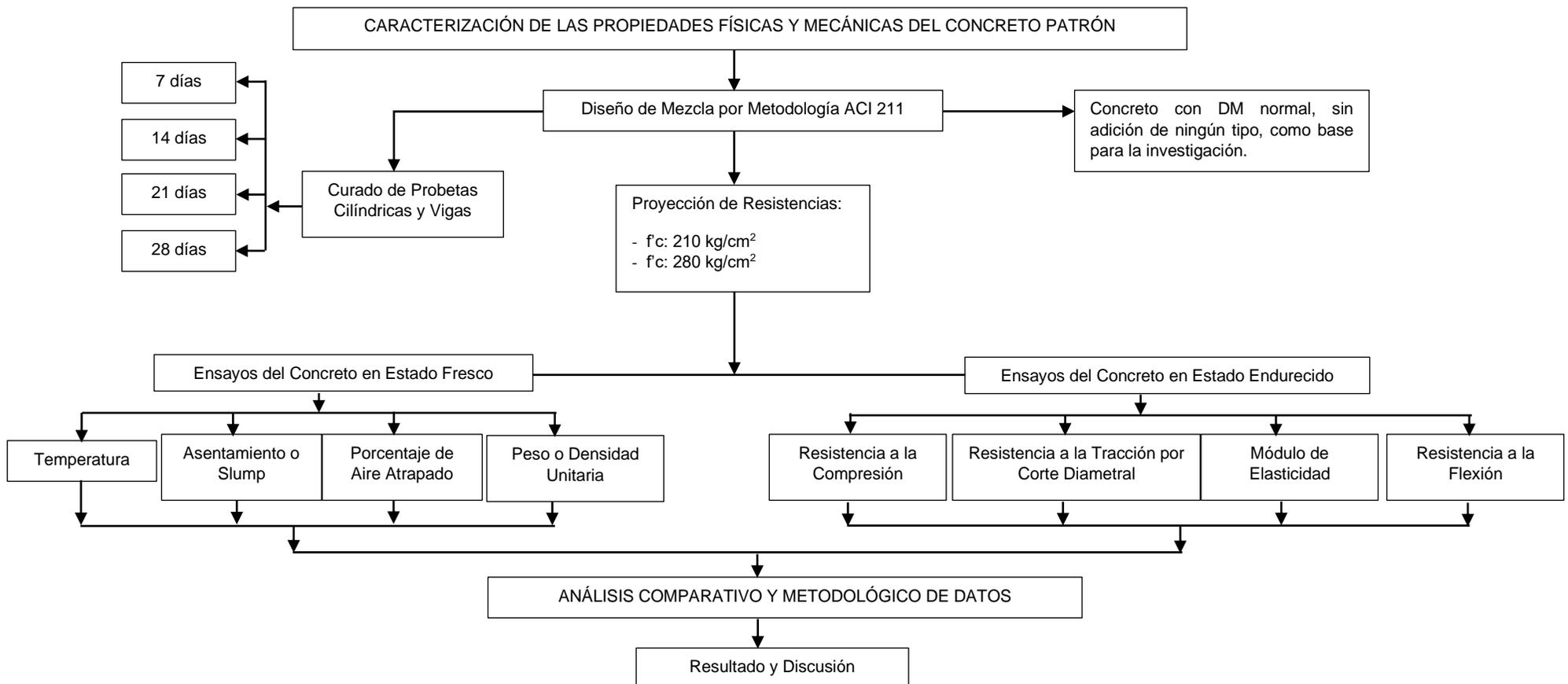


Fig. 9. Diagrama de flujo sobre la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del Concreto Patrón.

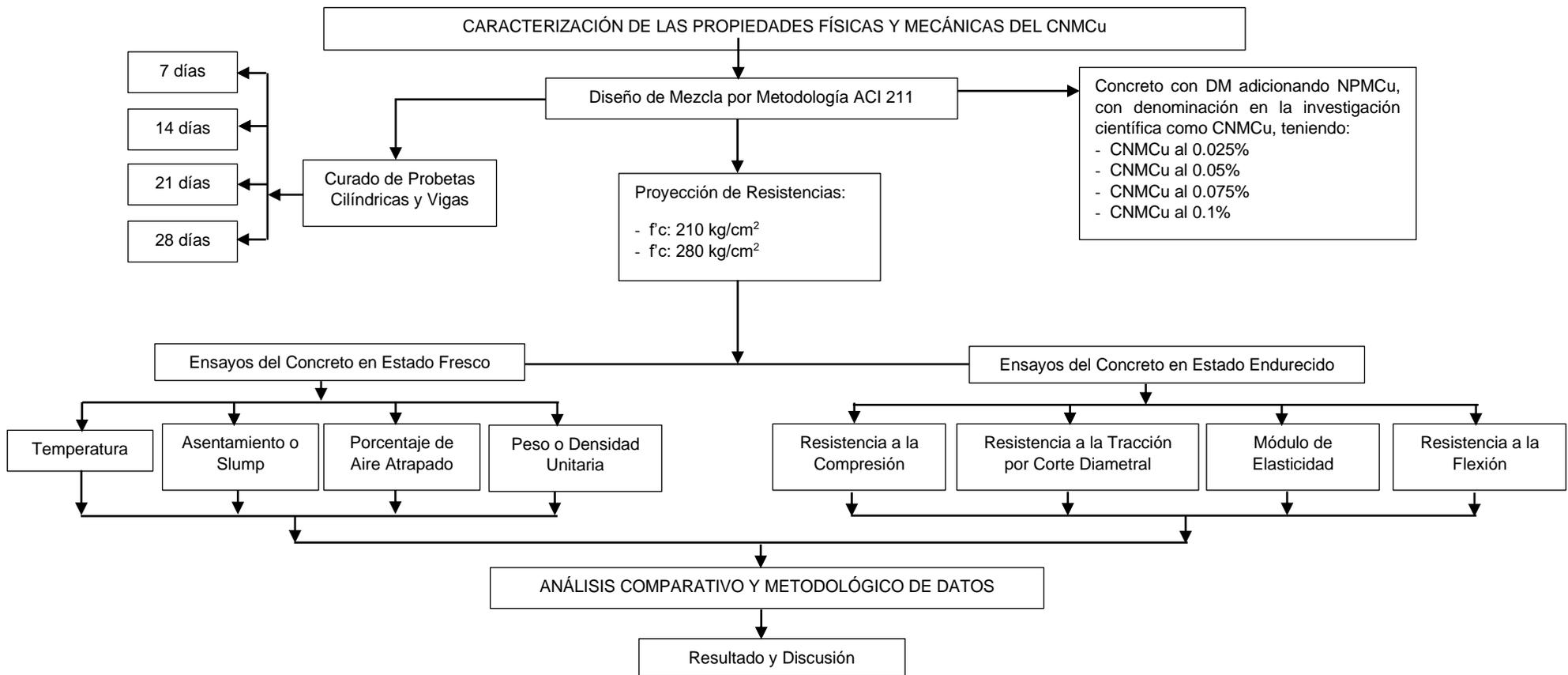


Fig. 10. Diagrama de flujo sobre la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del CNMCu.

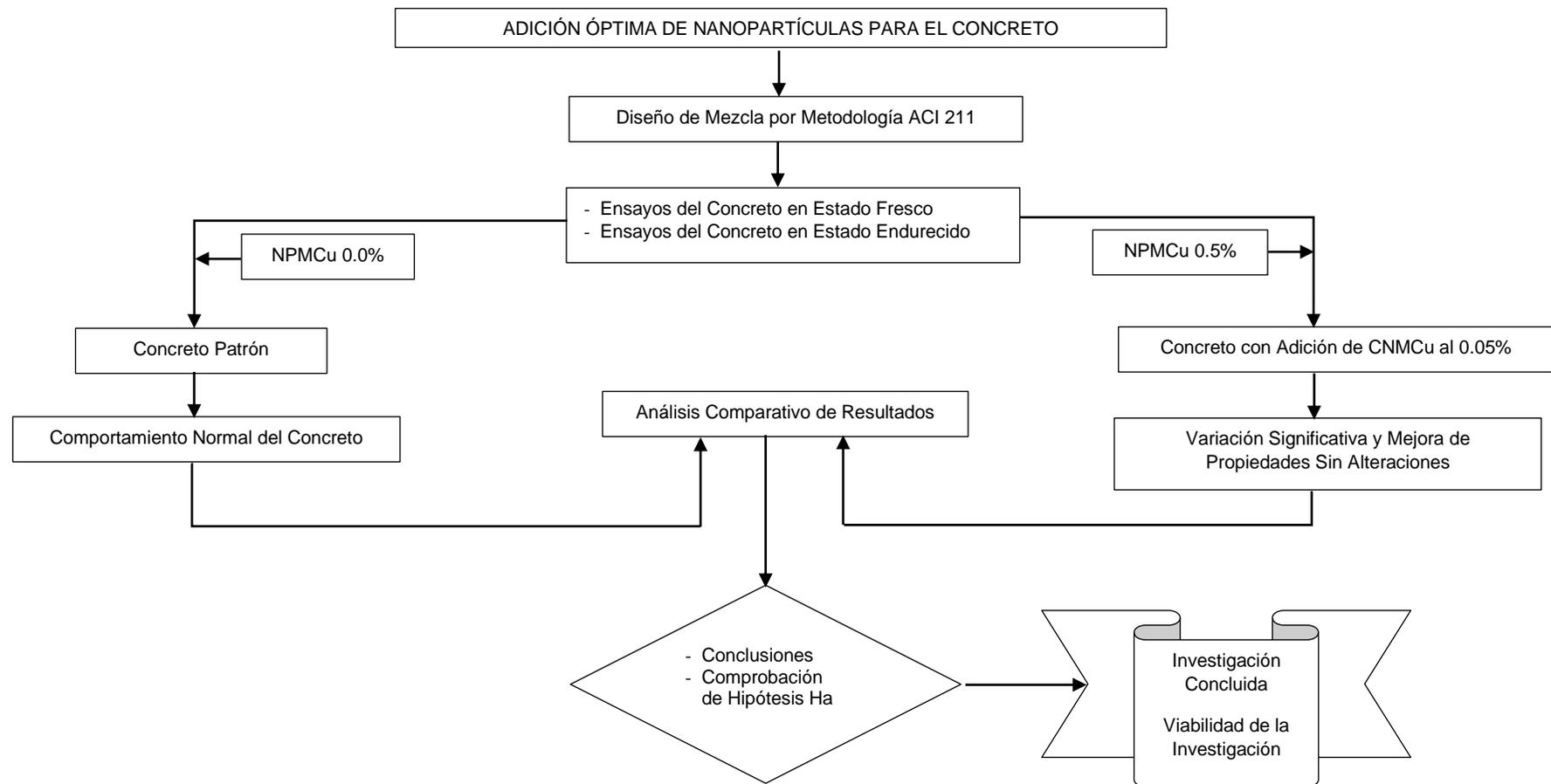


Fig. 11. Diagrama de flujo sobre el estudio de el porcentaje óptimo de CNMCu vs el CP.

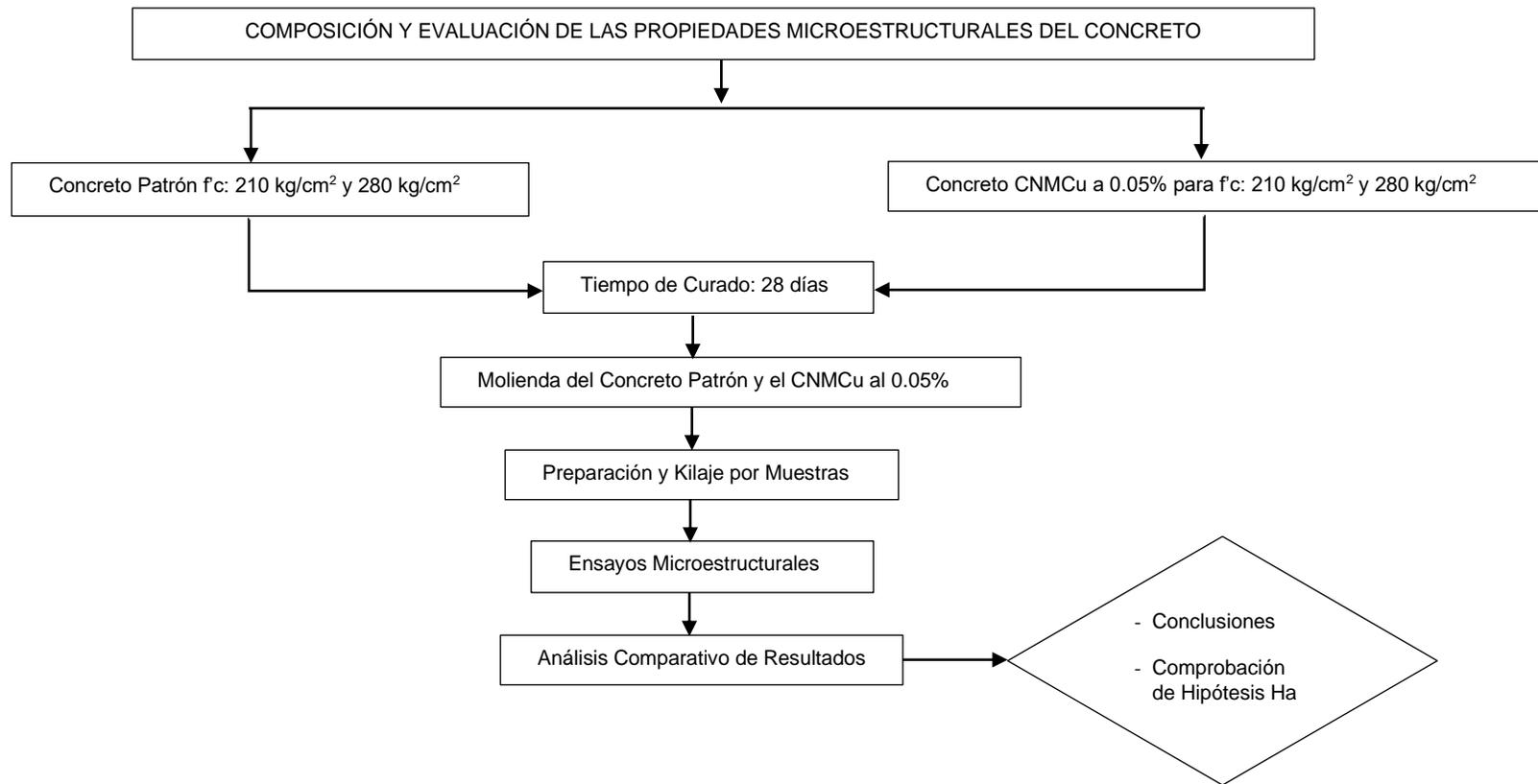


Fig. 12. Diagrama de flujo sobre la composición y evaluación de las propiedades microestructurales del concreto.

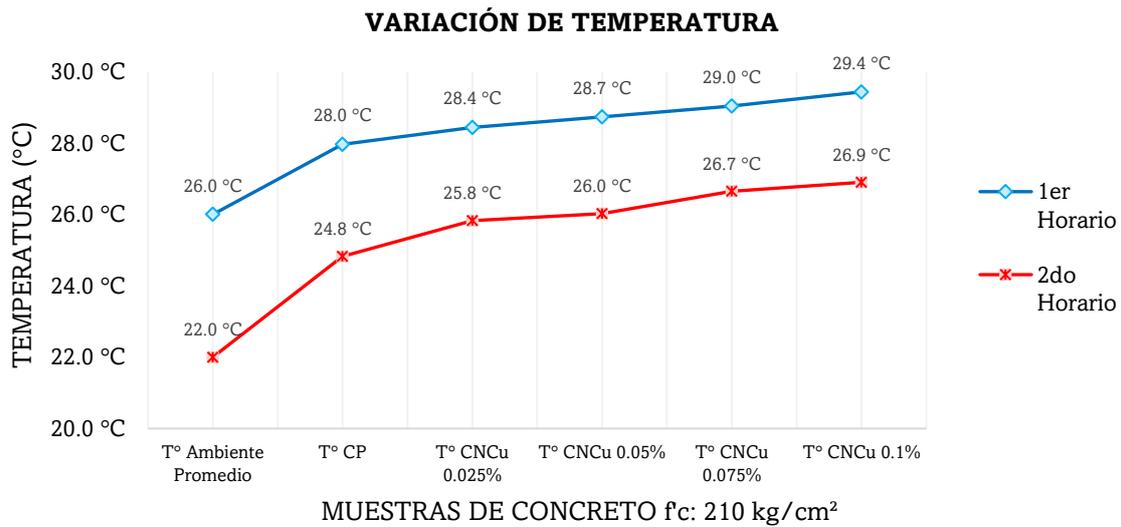


Fig. 13. Variación de Temperatura para f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.

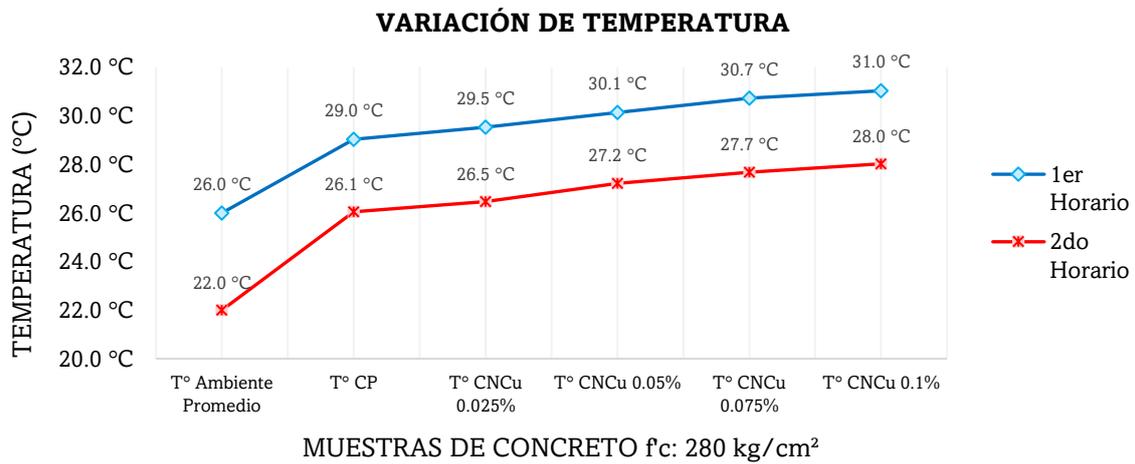


Fig. 14. Variación de Temperatura para f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

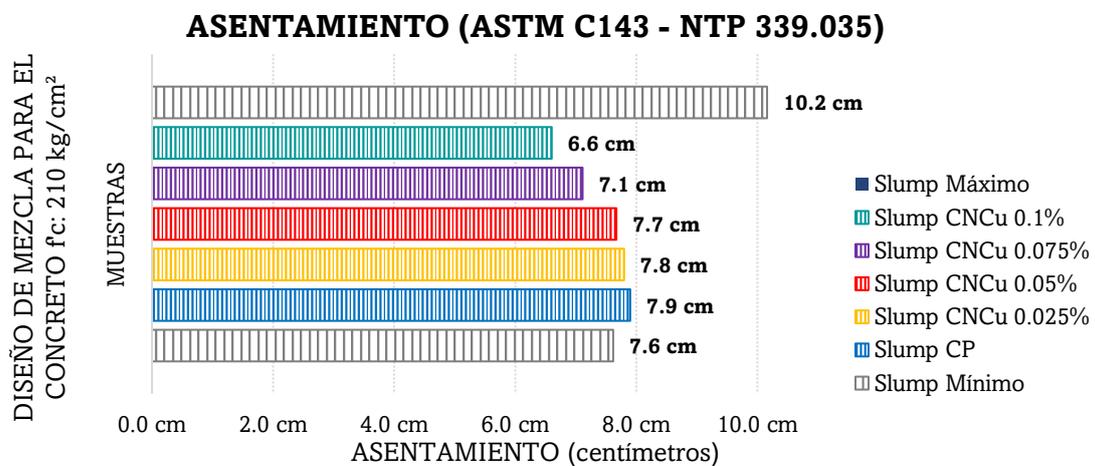


Fig. 15. Asentamiento para f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.

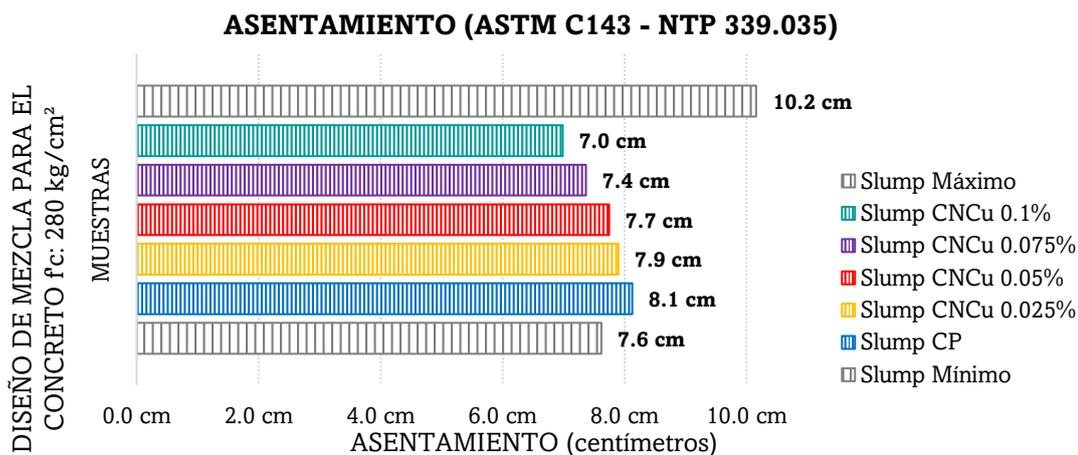


Fig. 16. Asentamiento para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>.

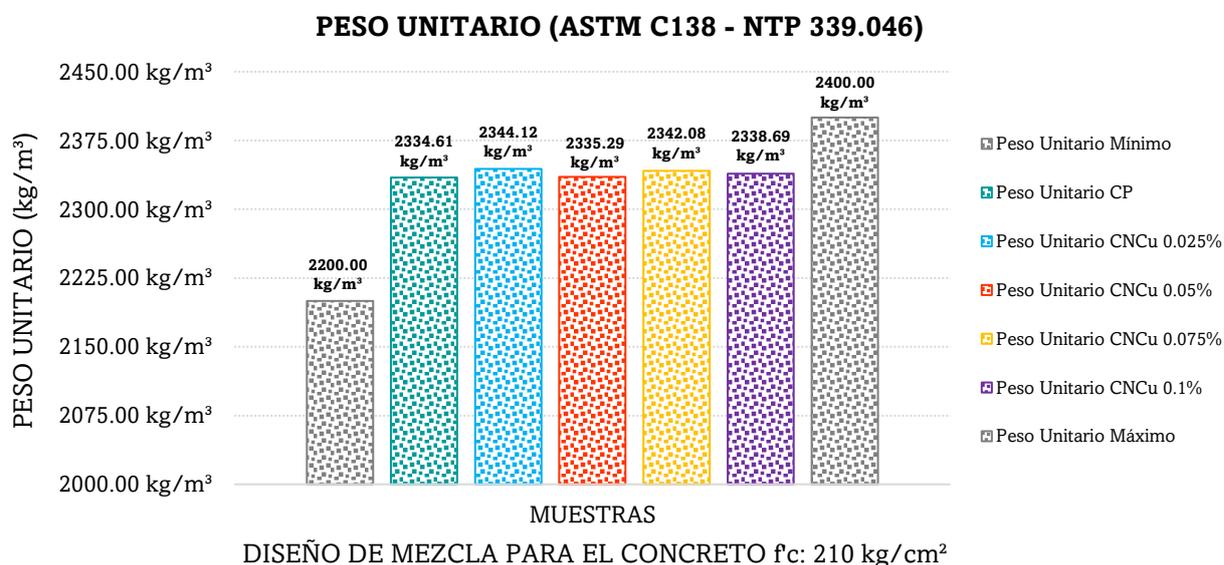


Fig. 17. PU para  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

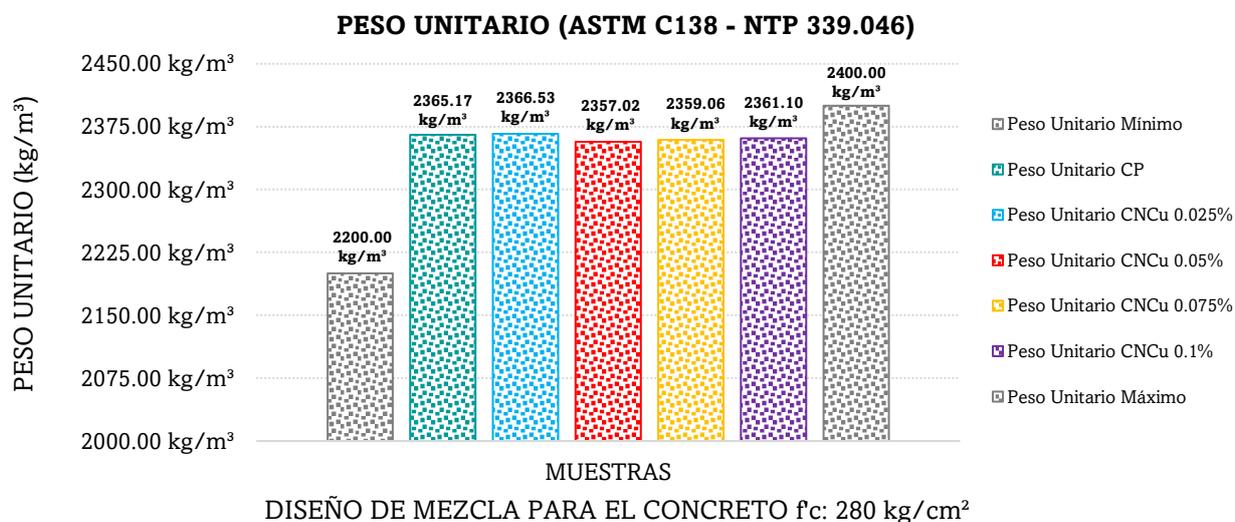


Fig. 18. PU para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>.

**PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO (ASTM C231 - NTP 339.081)**

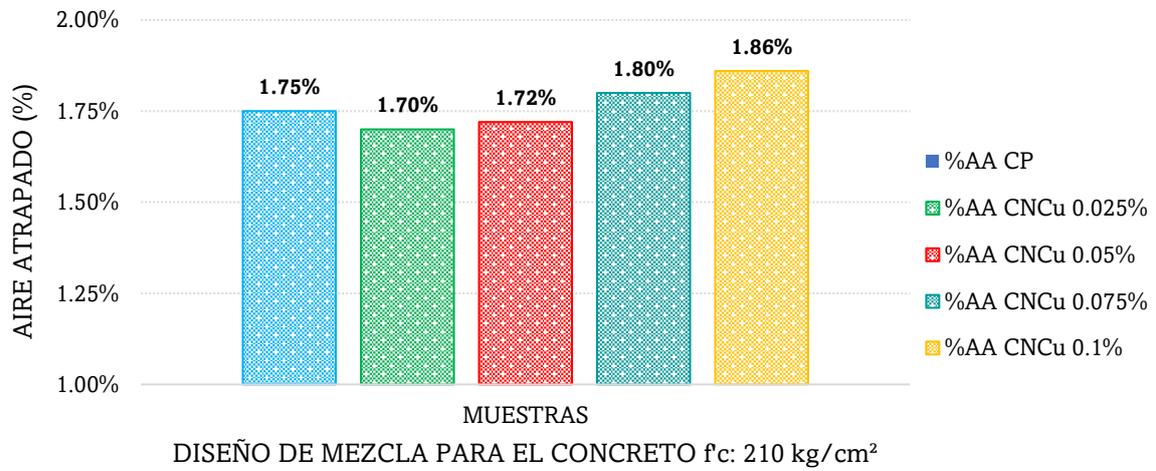


Fig. 19. %AA para  $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

**PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO (ASTM C231 - NTP 339.081)**

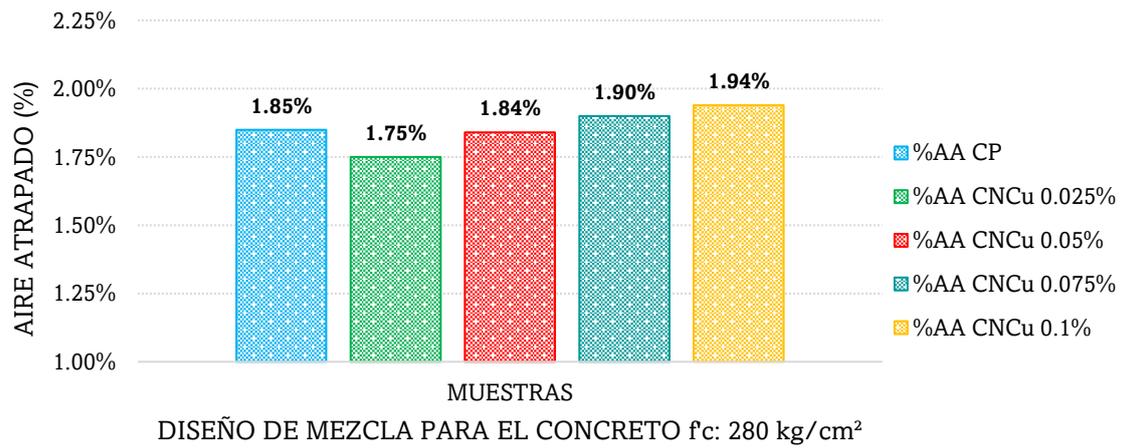
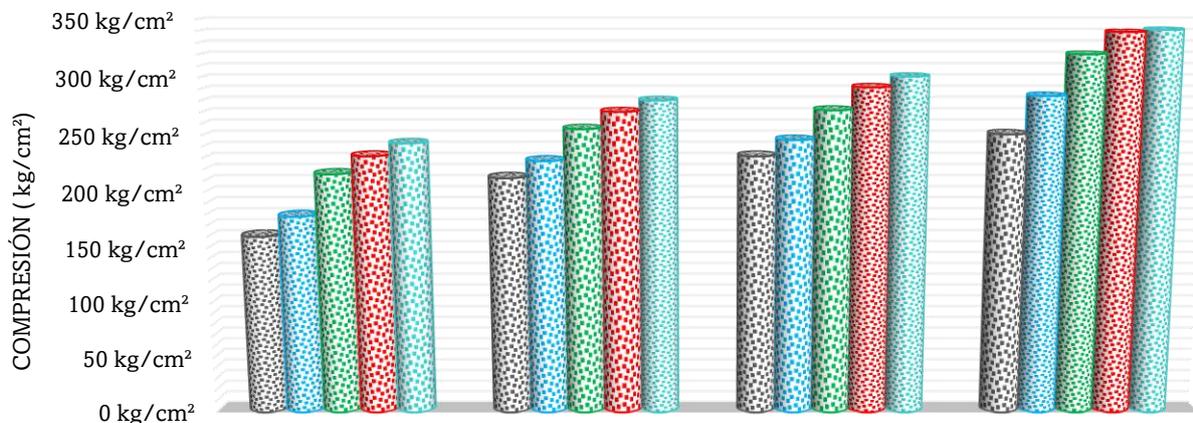


Fig. 20. %AA para  $f'_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA XLIII

RC DEL CONCRETO PARA  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)**



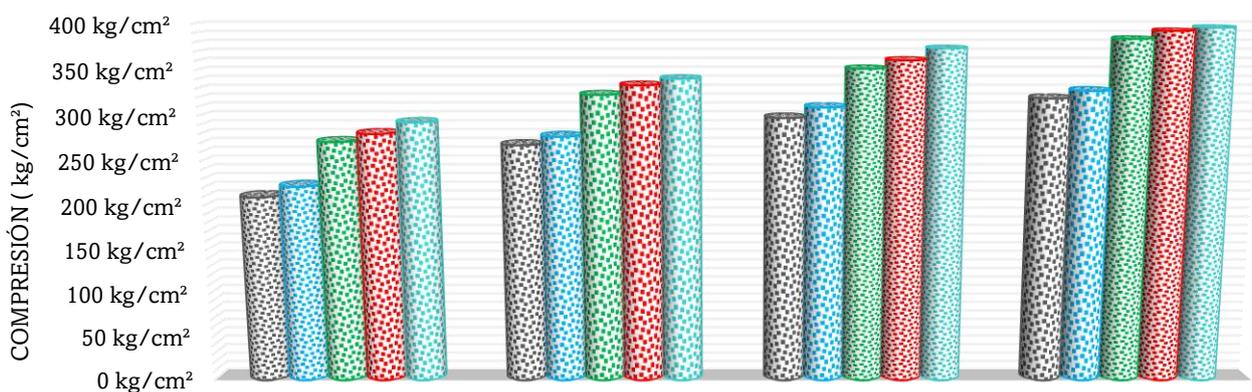
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RC Concreto Patrón	159.88 kg/cm <sup>2</sup>	212.11 kg/cm <sup>2</sup>	231.32 kg/cm <sup>2</sup>	250.66 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.025%	177.77 kg/cm <sup>2</sup>	227.16 kg/cm <sup>2</sup>	245.69 kg/cm <sup>2</sup>	284.00 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.05%	215.52 kg/cm <sup>2</sup>	255.24 kg/cm <sup>2</sup>	271.73 kg/cm <sup>2</sup>	320.11 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.075%	231.42 kg/cm <sup>2</sup>	270.30 kg/cm <sup>2</sup>	291.56 kg/cm <sup>2</sup>	339.22 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.1%	242.70 kg/cm <sup>2</sup>	280.22 kg/cm <sup>2</sup>	300.93 kg/cm <sup>2</sup>	341.13 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RC para  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLIV

RC DEL CONCRETO PARA  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)**



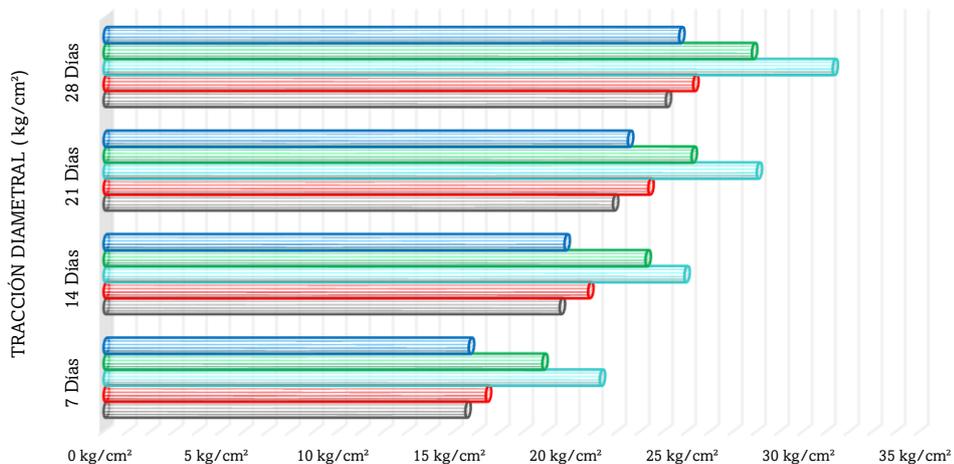
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RC Concreto Patrón	209.22 kg/cm <sup>2</sup>	267.35 kg/cm <sup>2</sup>	297.50 kg/cm <sup>2</sup>	319.00 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.025%	221.09 kg/cm <sup>2</sup>	276.83 kg/cm <sup>2</sup>	309.10 kg/cm <sup>2</sup>	327.18 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.05%	270.88 kg/cm <sup>2</sup>	322.97 kg/cm <sup>2</sup>	351.37 kg/cm <sup>2</sup>	383.72 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.075%	279.84 kg/cm <sup>2</sup>	333.42 kg/cm <sup>2</sup>	360.53 kg/cm <sup>2</sup>	392.31 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.1%	292.57 kg/cm <sup>2</sup>	340.55 kg/cm <sup>2</sup>	373.48 kg/cm <sup>2</sup>	395.91 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RC para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLV

RT DEL CONCRETO PARA  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (ASTM C496 - NTP 339.084)**



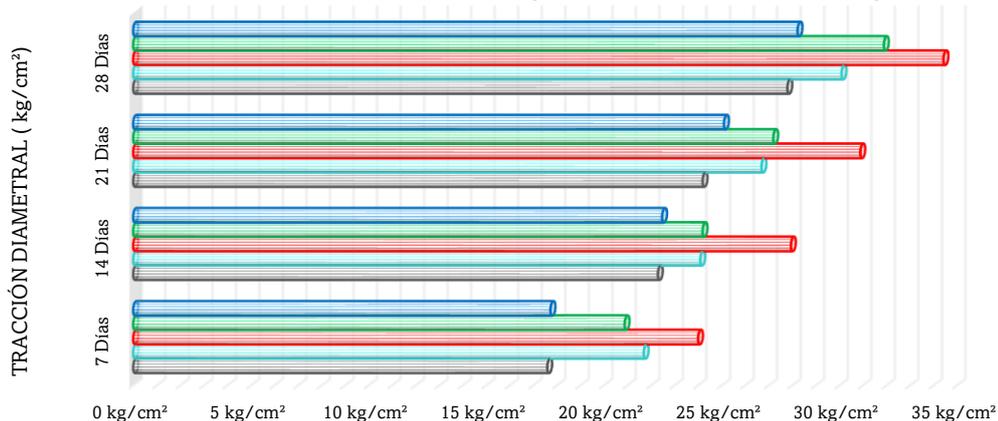
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RT Concreto Patrón	15.66 kg/cm <sup>2</sup>	19.77 kg/cm <sup>2</sup>	22.49 kg/cm <sup>2</sup>	24.69 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025%	18.81 kg/cm <sup>2</sup>	23.25 kg/cm <sup>2</sup>	25.23 kg/cm <sup>2</sup>	27.82 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05%	21.29 kg/cm <sup>2</sup>	24.92 kg/cm <sup>2</sup>	28.03 kg/cm <sup>2</sup>	31.29 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075%	16.39 kg/cm <sup>2</sup>	20.78 kg/cm <sup>2</sup>	23.37 kg/cm <sup>2</sup>	25.30 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1%	15.51 kg/cm <sup>2</sup>	19.56 kg/cm <sup>2</sup>	21.85 kg/cm <sup>2</sup>	24.12 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RT para  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLVI

RT DEL CONCRETO PARA  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (ASTM C496 - NTP 339.084)**



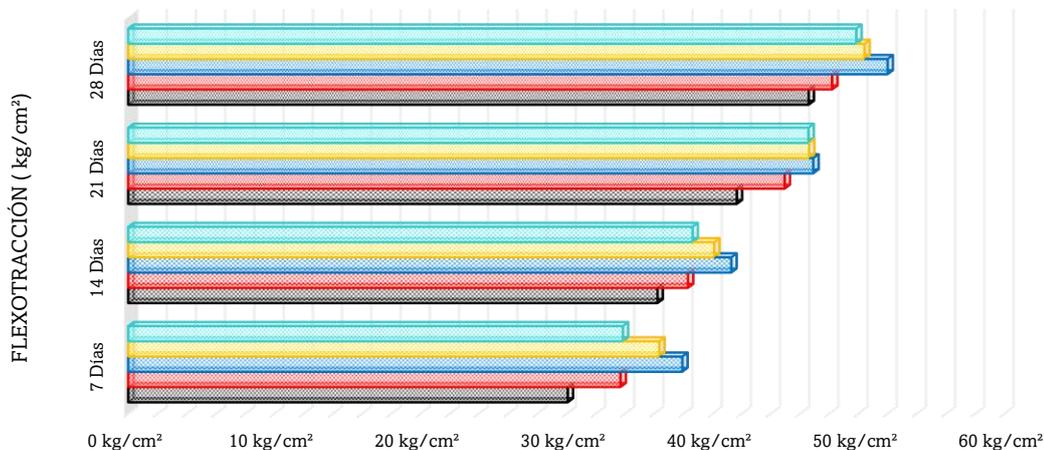
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RT Concreto Patrón	17.74 kg/cm <sup>2</sup>	22.48 kg/cm <sup>2</sup>	25.11 kg/cm <sup>2</sup>	28.23 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025%	20.89 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.20 kg/cm <sup>2</sup>	31.90 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05%	24.01 kg/cm <sup>2</sup>	27.95 kg/cm <sup>2</sup>	30.90 kg/cm <sup>2</sup>	34.43 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075%	21.70 kg/cm <sup>2</sup>	24.10 kg/cm <sup>2</sup>	26.70 kg/cm <sup>2</sup>	30.10 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1%	17.60 kg/cm <sup>2</sup>	22.30 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.80 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RT para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLVII

RF DEL CONCRETO PARA  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)**



	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RF Concreto Patrón	33.86 kg/cm <sup>2</sup>	38.64 kg/cm <sup>2</sup>	46.58 kg/cm <sup>2</sup>	49.86 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.025%	36.36 kg/cm <sup>2</sup>	40.12 kg/cm <sup>2</sup>	46.62 kg/cm <sup>2</sup>	50.42 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.05%	37.93 kg/cm <sup>2</sup>	41.29 kg/cm <sup>2</sup>	46.91 kg/cm <sup>2</sup>	52.00 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.075%	33.70 kg/cm <sup>2</sup>	38.32 kg/cm <sup>2</sup>	44.95 kg/cm <sup>2</sup>	48.20 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.1%	30.08 kg/cm <sup>2</sup>	36.23 kg/cm <sup>2</sup>	41.67 kg/cm <sup>2</sup>	46.59 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RF para  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLVIII

RF DEL CONCRETO PARA  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)**



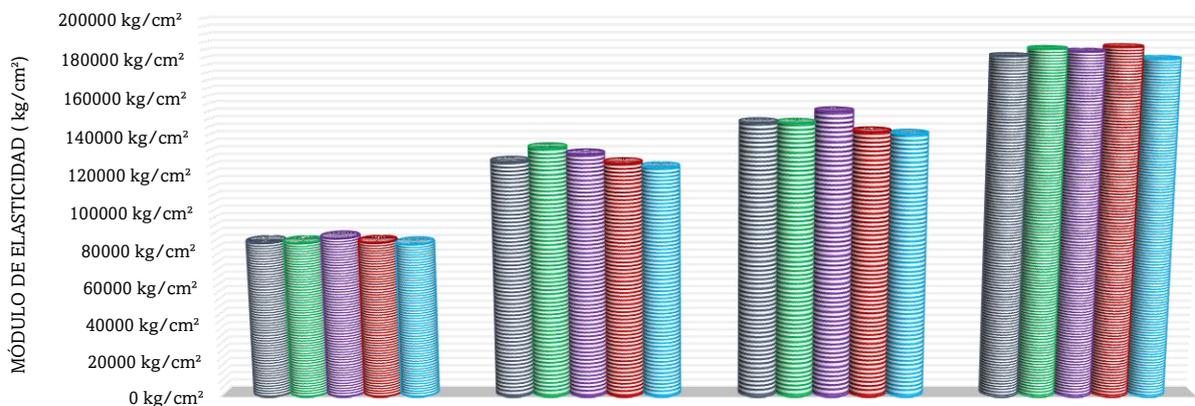
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
RF Concreto Patrón	40.85 kg/cm <sup>2</sup>	44.80 kg/cm <sup>2</sup>	47.73 kg/cm <sup>2</sup>	52.72 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.025%	44.62 kg/cm <sup>2</sup>	47.68 kg/cm <sup>2</sup>	51.11 kg/cm <sup>2</sup>	55.41 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.05%	47.39 kg/cm <sup>2</sup>	53.59 kg/cm <sup>2</sup>	56.49 kg/cm <sup>2</sup>	58.53 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.075%	40.18 kg/cm <sup>2</sup>	44.50 kg/cm <sup>2</sup>	48.12 kg/cm <sup>2</sup>	52.70 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.1%	38.76 kg/cm <sup>2</sup>	42.97 kg/cm <sup>2</sup>	45.91 kg/cm <sup>2</sup>	50.68 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. RF para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA XLIX

ME DEL CONCRETO PARA  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

**MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)**



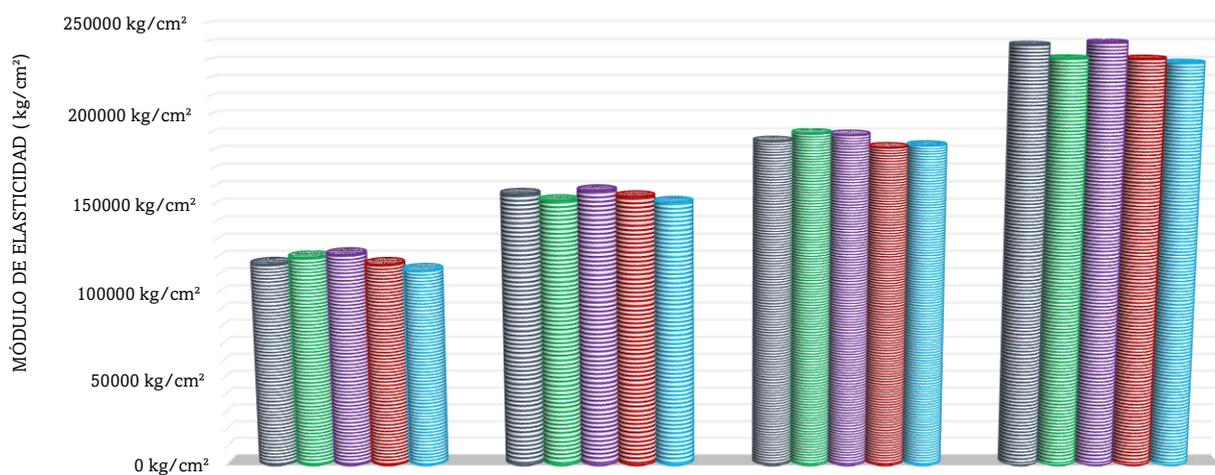
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
ME Concreto Patrón	83424.35 kg/cm <sup>2</sup>	126244.25 kg/cm <sup>2</sup>	146724.50 kg/cm <sup>2</sup>	181094.37 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.025%	83319.60 kg/cm <sup>2</sup>	133446.12 kg/cm <sup>2</sup>	146434.96 kg/cm <sup>2</sup>	184794.12 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.05%	85901.85 kg/cm <sup>2</sup>	130193.34 kg/cm <sup>2</sup>	152595.01 kg/cm <sup>2</sup>	183414.48 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.075%	83589.74 kg/cm <sup>2</sup>	125493.99 kg/cm <sup>2</sup>	141947.80 kg/cm <sup>2</sup>	185758.30 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.1%	82745.82 kg/cm <sup>2</sup>	123231.12 kg/cm <sup>2</sup>	140726.94 kg/cm <sup>2</sup>	179637.66 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. ME para  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA L.

ME DEL CONCRETO PARA  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

**MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)**



	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
ME Concreto Patrón	115942.17 kg/cm <sup>2</sup>	155581.99 kg/cm <sup>2</sup>	185167.37 kg/cm <sup>2</sup>	238302.86 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.025%	119747.04 kg/cm <sup>2</sup>	151932.07 kg/cm <sup>2</sup>	189472.49 kg/cm <sup>2</sup>	230786.25 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.05%	121486.12 kg/cm <sup>2</sup>	157575.27 kg/cm <sup>2</sup>	188609.92 kg/cm <sup>2</sup>	239515.72 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.075%	115874.95 kg/cm <sup>2</sup>	154163.60 kg/cm <sup>2</sup>	181609.49 kg/cm <sup>2</sup>	230567.09 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.1%	112531.20 kg/cm <sup>2</sup>	151035.03 kg/cm <sup>2</sup>	182711.70 kg/cm <sup>2</sup>	228350.12 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. ME para  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup>

**Anexo VIII.** Informe de Ensayos en el Laboratorio de la USS.

**Anexo 8.1. Permiso y Supervisión para el uso del Laboratorio de la USS**



**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

**PERMISO DE USO DE LABORATORIO - LEMC**

Pimentel, 02 de agosto del 2023

Señor:

**John Antony Sánchez Chicana**

Tesista de la Carrera de Ingeniería Civil

Tesis:

Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.

Suscrito como alumno en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Señor de Sipán, con DNI N° 75598432, y código de estudiante N° 2181800490; por medio del presente documento se le autoriza utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Concreto – LEMC, los mismos que se encuentran debidamente equipados y con los instrumentos calibrados, además de la presencia del Técnico Laboratorista a su disposición para completar los ensayos.

Por lo tanto, se estipula el uso para:

- ALMACÉN DE MATERIAL PARA DISEÑO DE MEZCLA
- USO DE ESPACIOS EN EL LABORATORIO
- USO DEL AULA ACONDICIONADA PARA ENSAYOS

Sin otro particular, se pone a disposición de usted.

**USS** Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LAS PRÁCTICAS DE SALONES  
INGENIERÍA CIVIL

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

**PERMISO DE USO DE LABORATORIO - LEMC**

Pimentel, 02 de agosto del 2023

Señor:

**John Antony Sánchez Chicana**

Tesista de la Carrera de Ingeniería Civil

Tesis:

Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.

Suscrito como alumno en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Señor de Sipán, con DNI N° 75598432, y código de estudiante N° 2181800490; por medio del presente documento se le autoriza utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Concreto – LEMC, los mismos que se encuentran debidamente equipados y con los instrumentos calibrados, además de la presencia del Técnico Laboratorista a su disposición para completar los ENSAYOS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS.

Por lo tanto, se estipula el uso para:

- ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
- ENSAYO DE GRANULOMETRÍA
- ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
- ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Sin otro particular, se pone a disposición de usted.

**USS** Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

**PERMISO DE USO DE LABORATORIO - LEMC**

Pimentel, 02 de agosto del 2023

Señor:

**John Antony Sánchez Chicana**

Tesista de la Carrera de Ingeniería Civil

Tesis:

Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.

Suscrito como alumno en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Señor de Sipán, con DNI N° 75598432, y código de estudiante N° 2181800490; por medio del presente documento se le autoriza utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Concreto – LEMC, los mismos que se encuentran debidamente equipados y con los instrumentos calibrados, además de la presencia del Técnico Laboratorista a su disposición para completar los ensayos del DISEÑO DE MEZCLA.

Por lo tanto, se estipula el uso para:

- USO DEL TROMPO PARA VACIADO DE PROBETAS
- USO DEL AGUA DE VACIADO Y PARA LIMPIEZA
- USO DE INDUMENTARIA PARA VACIADO
- USO DE CARRETILLA

Sin otro particular, se pone a disposición de usted.

**USS** Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
INGENIERÍA CIVIL

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

**PERMISO DE USO DE LABORATORIO - LEMC**

Pimentel, 02 de agosto del 2023

Señor:

**John Antony Sánchez Chicana**

Tesista de la Carrera de Ingeniería Civil

Tesis:

Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.

Suscrito como alumno en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Señor de Sipán, con DNI N° 75598432, y código de estudiante N° 2181800490; por medio del presente documento se le autoriza utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Concreto – LEMC, los mismos que se encuentran debidamente equipados y con los instrumentos calibrados, además de la presencia del Técnico Laboratorista a su disposición para completar los ensayos del CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

Por lo tanto, se estipula el uso para:

- ENSAYO DE TEMPERATURA DEL CONCRETO
- ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP
- ENSAYO DE PESO UNITARIO O DENSIDAD
- ENSAYO DE PORCENTA DE AIRE ATRAPADO

Sin otro particular, se pone a disposición de usted.

**USS** Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIOS / SALARES  
ING. INGENIERIA CIVIL

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

**PERMISO DE USO DE LABORATORIO - LEMC**

Pimentel, 02 de agosto del 2023

Señor:

**John Antony Sánchez Chicana**

Tesista de la Carrera de Ingeniería Civil

Tesis:

Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.

Suscrito como alumno en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Señor de Sipán, con DNI N° 75598432, y código de estudiante N° 2181800490; por medio del presente documento se le autoriza utilizar las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales y Concreto – LEMC, los mismos que se encuentran debidamente equipados y con los instrumentos calibrados, además de la presencia del Técnico Laboratorista a su disposición para completar los ensayos del CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.

Por lo tanto, se estipula el uso para:

- PRENSA HIDRAÚLICA
- MATERIAL ADICIONAL DE ENSAYOS
- ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
- ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL
- ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD

Sin otro particular, se pone a disposición de usted.

**USS** Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LAS PRUEBAS Y SALLARES  
INGENIERIA CIVIL

## Anexo 8.2. Cartas de Revisión para Recepción del Extranjero Actualizada



### “AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

Pimentel, 20 de marzo del 2024

Señor  
**GARY YAO**  
Gerente de Ventas en el Extranjero  
Dongguan SAT nano material de tecnología Co., LTD

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo institucional a nombre de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán – Escuela de Ingeniería Civil y desearte éxitos en su gestión institucional.

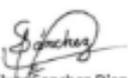
Asimismo, me permito presentar al Bachiller **John Antony Sanchez Chicana** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, con Código Universitario N° 2181800490, identificado con DNI N° 75598432, quien a la fecha se encuentra desarrollando su tesis denominada **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS MICROESTRUCTURALES DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE”**.

Para el éxito de los ensayos de materiales que realizan los alumnos y bachilleres, la universidad se encuentre debidamente calificada por contar con laboratorios equipados, potenciados, actualizados y cuentan con los espacios adecuados para almacenar el material y su trabajabilidad, así como el personal a cargo de los mismos, como son los Analistas de Laboratorios de Talleres Especializados se encuentran constantemente apoyando y guiando a nuestros estudiantes.

Por dichas razones el bachiller en mención se encuentra debidamente calificado para realizar los ensayos pertinentes en nuestros laboratorios.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

  
Mag. Elber Sanchez Diaz  
Director de Escuela Profesional  
de Ingeniería Civil  
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN SAC.

**CAMPUS  
UNIVERSITARIO**

Km. 5 carretera a Pimentel  
T. (051) 074 481610

**CENTROS  
EMPRESARIALES**

Av. Luis Gonzales 1004  
T. (051) 074 481621

**ESCUELA  
DE POSGRADO**

Calle Elías Aguirre 933  
T. (051) 074 481625

[www.uss.edu.pe](http://www.uss.edu.pe)

**ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD**

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

Chiclayo, 12 de junio del 2023

**Señor:**

Gary Yao

Gerente de Ventas en el Extranjero

NANO Dongguan SAT Nano Technology Material CO., Ltd.

**ASUNTO:** PROYECTO DE TESIS – OBTENCIÓN DE MATERIAL

Tengo el agrado de dirigirme a usted y extenderle mi saludo, como alumno, actualmente en calidad de tesista por parte de la Universidad Señor de Sipán, cursando el X ciclo en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil registrado por código N° 2181800490, dado el caso se afirma:

Yo, John Antony Sánchez Chicana con 21 años de edad, e identificado por DNI N° 75598432 en facultad de estudiante – tesista, llevando mi investigación científica titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y MICROESTRUCTURALES DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE”, solicito, obtención y manejo por parte de su empresa del material que procesan, denominado: “NPMCu”; además de plantear cláusulas y/o compromisos por mi parte para concretar el trato, siendo estas:

- Mantener total reserva y confidencialidad con el tema referido al manejo del material, siendo el único autorizado para su transporte, procesado en laboratorio, añadido en diseño y manejo de resultados.
- Tras su obtención, darle un uso exclusivamente para mi investigación científica a razón de estudios de tipo académicos para el tema planteado.



Universidad  
Señor de Sipán

- Garantizar el manejo y comprensión de resultados de acorde a la envergadura de los antecedentes en relación al material, además de concretar los ensayos de la manera más pulcra y consistente posible, basando mi criterio en la objetividad que caracteriza las investigaciones de rigor científico.
- Finalmente, dar validez a los acuerdos verbales que se realicen en función al apoyo por parte de la empresa a mí persona, como tesista, para compartir e intercambiar información, con la finalidad de aportar en sobremanera al campo de la investigación científica, en este caso ligado a la Ingeniería Civil.

Asimismo, sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

**TESISTA**

Bach. JOHN ANTONY SÁNCHEZ CHICANA

### Anexo 8.3. Ensayos en el Laboratorio de la USS



Universidad  
Señor de Sipán

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

#### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Fino

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla) – Cantera “Tres Tomas” Ferreñafe

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

#### MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	35 gr	4.09%	4.09%	95.91%
N°4	65 gr	7.60%	11.70%	88.30%
N°8	90 gr	10.53%	22.22%	77.78%
N°16	205 gr	23.98%	46.20%	53.80%
N°30	185 gr	21.64%	67.84%	32.16%
N°50	165 gr	19.30%	87.13%	12.87%
N°100	75 gr	8.77%	95.91%	4.09%
FONDO	35 gr	4.09%	100.00%	0.00%
TOTAL	855 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 855

Módulo de Fineza =  $(\Sigma \% \text{ Retenido Acumulado}) / 100$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

<b>Según ASTM C33</b>
<b>2.3% &lt; MF &lt; 3.1%</b>

<b>AG. Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33</b>				
<b>TAMIZ</b>		<b>Límite Inferior (%)</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Límite Superior (%)</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>			
3/8"	9.50	100	95.91%	100
Nº 4	4.75	95	88.30%	100
Nº 8	2.36	80	77.78%	100
Nº 16	1.18	50	53.80%	85
Nº 30	0.60	25	32.16%	60
Nº 50	0.30	5	12.87%	30
Nº 100	0.15	0	4.09%	10

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Grueso

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Piedra Chancada – Cantera “Tres Tomas” Ferreñafe

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	55 gr	1.62%	1.62%	98.38%
1"	85 gr	2.50%	4.11%	95.89%
3/4"	775 gr	22.76%	26.87%	73.13%
1/2"	1225 gr	35.98%	62.85%	37.15%
3/8"	675 gr	19.82%	82.67%	17.33%
N°4	515 gr	15.12%	97.80%	2.20%
FONDO	75 gr	2.20%	100.00%	0.00%
TOTAL	3405 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 3405

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33				
HUSO 56				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Plg.	mm			
1 1/2"	37.50	100	98.38%	100
1"	25.00	90	95.89%	100
3/4"	19.00	40	73.13%	85
1/2"	12.50	10	37.15%	40
3/8"	9.50	0	17.33%	15
N° 4	4.75	0	2.20%	5

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
USS | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Fino

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla) – Cantera “Pacherrez” Pucalá

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	35 gr	4.09%	4.09%	95.91%
N°4	85 gr	9.94%	14.04%	85.96%
N°8	90 gr	10.53%	24.56%	75.44%
N°16	195 gr	22.81%	47.37%	52.63%
N°30	180 gr	21.05%	68.42%	31.58%
N°50	165 gr	19.30%	87.72%	12.28%
N°100	85 gr	9.94%	97.66%	2.34%
FONDO	20 gr	2.34%	100.00%	0.00%
TOTAL	855 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = A

Módulo de Fineza =  $(\Sigma \% \text{ Retenido Acumulado}) / 100$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

<b>Según ASTM C33</b>
<b>2.3% &lt; MF &lt; 3.1%</b>

<b>AG. Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33</b>				
<b>TAMIZ</b>		<b>Límite Inferior (%)</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Límite Superior (%)</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>			
3/8"	9.50	100	95.91%	100
Nº 4	4.75	95	85.96%	100
Nº 8	2.36	80	75.44%	100
Nº 16	1.18	50	52.63%	85
Nº 30	0.60	25	31.58%	60
Nº 50	0.30	5	12.28%	30
Nº 100	0.15	0	2.34%	10

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Grueso

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Piedra Chancada – Cantera “Pacherrez” Pucalá

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	55 gr	1.62%	1.62%	98.38%
1"	105 gr	3.08%	4.70%	95.30%
3/4"	895 gr	26.28%	30.98%	69.02%
1/2"	1135 gr	33.33%	64.32%	35.68%
3/8"	675 gr	19.82%	84.14%	15.86%
N°4	465 gr	13.66%	97.80%	2.20%
FONDO	75 gr	2.20%	100.00%	0.00%
TOTAL	3405 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 3405

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33				
HUSO 56				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Plg.	mm			
1 1/2"	37.50	100	98.38%	100
1"	25.00	90	95.89%	100
3/4"	19.00	40	73.13%	85
1/2"	12.50	10	37.15%	40
3/8"	9.50	0	17.33%	15
Nº 4	4.75	0	2.20%	5

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
USS | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Fino

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla) – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	5 gr	0.58%	0.58%	99.42%
N°4	35 gr	4.09%	4.68%	95.32%
N°8	95 gr	11.11%	15.79%	84.21%
N°16	205 gr	23.98%	39.77%	60.23%
N°30	170 gr	19.88%	59.65%	40.35%
N°50	155 gr	18.13%	77.78%	22.22%
N°100	115 gr	13.45%	91.23%	8.77%
FONDO	75 gr	8.77%	100.00%	0.00%
TOTAL	855 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 855 gramos

Módulo de Fineza = 2.895%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

<b>Según ASTM C33</b>
<b>2.3% &lt; MF &lt; 3.1%</b>

<b>AG. Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33</b>				
<b>TAMIZ</b>		<b>Límite Inferior (%)</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Límite Superior (%)</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>			
3/8"	9.50	100	99.42%	100
Nº 4	4.75	95	95.32%	100
Nº 8	2.36	80	84.21%	100
Nº 16	1.18	50	60.23%	85
Nº 30	0.60	25	40.35%	60
Nº 50	0.30	5	22.22%	30
Nº 100	0.15	0	8.77%	10

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC. INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Grueso

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Piedra Chancada – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	5 gr	0.15%	0.15%	99.85%
1"	95 gr	2.79%	2.94%	97.06%
3/4"	785 gr	23.05%	25.99%	74.01%
1/2"	1285 gr	37.74%	63.73%	36.27%
3/8"	795 gr	23.35%	87.08%	12.92%
N°4	395 gr	11.60%	98.68%	1.32%
FONDO	45 gr	1.32%	100.00%	0.00%
TOTAL	3405 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 3405 gramos

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33				
HUSO 56				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Plg.	mm			
1 1/2"	37.50	100	99.85%	100
1"	25.00	90	97.06%	100
3/4"	19.00	40	74.01%	85
1/2"	12.50	10	36.27%	40
3/8"	9.50	0	12.92%	15
Nº 4	4.75	0	1.32%	5

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Fino

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla) – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	5 gr	0.48%	0.48%	99.52%
N°4	35 gr	3.35%	3.83%	96.17%
N°8	155 gr	14.83%	18.66%	81.34%
N°16	235 gr	22.49%	41.15%	58.85%
N°30	210 gr	20.10%	61.24%	38.76%
N°50	190 gr	18.18%	79.43%	20.57%
N°100	130 gr	12.44%	91.87%	8.13%
FONDO	85 gr	8.13%	100.00%	0.00%
TOTAL	1045 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 1045 gramos

Módulo de Fineza = 2.967%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

<b>Según ASTM C33</b>
<b>2.3% &lt; MF &lt; 3.1%</b>

<b>AG. Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33</b>				
<b>TAMIZ</b>		<b>Límite Inferior (%)</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Límite Superior (%)</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>			
3/8"	9.50	100	99.52%	100
Nº 4	4.75	95	96.17%	100
Nº 8	2.36	80	81.34%	100
Nº 16	1.18	50	58.85%	85
Nº 30	0.60	25	38.76%	60
Nº 50	0.30	5	20.57%	30
Nº 100	0.15	0	8.13%	10

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Grueso

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Piedra Chancada – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	5 gr	0.16%	0.16%	99.84%
1"	85 gr	2.65%	2.80%	97.20%
3/4"	765 gr	23.83%	26.64%	73.36%
1/2"	1225 gr	38.16%	64.80%	35.20%
3/8"	740 gr	23.05%	87.85%	12.15%
N°4	345 gr	10.75%	98.60%	1.40%
FONDO	45 gr	1.40%	100.00%	0.00%
TOTAL	3210 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 3210 gramos

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33				
HUSO 56				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Plg.	mm			
1 1/2"	37.50	100	99.84%	100
1"	25.00	90	97.20%	100
3/4"	19.00	40	73.36%	85
1/2"	12.50	10	35.20%	40
3/8"	9.50	0	12.15%	15
Nº 4	4.75	0	1.40%	5

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Fino

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla) – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/8"	5 gr	0.58%	0.58%	99.42%
N°4	35 gr	4.07%	4.65%	95.35%
N°8	125 gr	14.53%	19.19%	80.81%
N°16	160 gr	18.60%	37.79%	62.21%
N°30	155 gr	18.02%	55.81%	44.19%
N°50	180 gr	20.93%	76.74%	23.26%
N°100	135 gr	15.70%	92.44%	7.56%
FONDO	65 gr	7.56%	100.00%	0.00%
TOTAL	860 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 860

Módulo de Fineza = 2.872%

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

**Ítem 02: Análisis de Datos**

<b>Según ASTM C33</b>
<b>2.3% &lt; MF &lt; 3.1%</b>

<b>AG. Fino - Análisis del Tamizado ASTM C33</b>				
<b>TAMIZ</b>		<b>Límite Inferior (%)</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Límite Superior (%)</b>
<b>Plg.</b>	<b>mm</b>			
3/8"	9.50	100	99.42%	100
N° 4	4.75	95	95.35%	100
N° 8	2.36	80	80.81%	100
N° 16	1.18	50	62.21%	85
N° 30	0.60	25	44.19%	60
N° 50	0.30	5	23.26%	30
N° 100	0.15	0	7.56%	10

**Ítem 03: Análisis Gráfico**

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.



**USS** | Universidad  
Señor de Sipán

---

**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Análisis Granulométrico Agregado Grueso

**Normativa:** N.T.P. 400.012 – ASTM C33

**Muestra:** Piedra Chancada – Cantera “La Victoria” Pátapo

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 31 de mayo del 2023

MUESTRA N°

Tamices Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	5 gr	0.14%	0.14%	99.86%
1"	105 gr	2.95%	3.09%	96.91%
3/4"	810 gr	22.75%	25.84%	74.16%
1/2"	1335 gr	37.50%	63.34%	36.66%
3/8"	825 gr	23.17%	86.52%	13.48%
N°4	425 gr	11.94%	98.46%	1.54%
FONDO	55 gr	1.54%	100.00%	0.00%
TOTAL	3560 gr	100%		

Peso Total de la Muestra = 3560 gramos

Tamaño Máximo = 1 1/2"

Tamaño Máximo Nominal = 1"



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 02: Análisis de Datos

AG. Grueso - Análisis del Tamizado ASTM C33				
HUSO 56				
TAMIZ		Límite Inferior (%)	% Que Pasa	Límite Superior (%)
Plg.	mm			
1 1/2"	37.50	100	99.86%	100
1"	25.00	90	96.91%	100
3/4"	19.00	40	74.16%	85
1/2"	12.50	10	36.66%	40
3/8"	9.50	0	13.48%	15
Nº 4	4.75	0	1.54%	5

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación.

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Peso o Densidad Unitaria

**Normativa:** N.T.P. 400.017 – ASTM C29

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla)

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 30 de mayo del 2023

**Ítem 02:** Análisis de Datos

PESO UNITARIO SUELTO

ARENA

	A	B	C
- Peso Muestra Húmeda + Molde:	9145 gr	9165 gr	9250 gr
- Peso del Molde:	5250 gr	5250 gr	5250 gr
- Volumen del Molde:	2739.074 cm <sup>3</sup>	2739.074 cm <sup>3</sup>	2739.074 cm <sup>3</sup>
- Peso Unitario Suelto Húmedo:	1.422 gr/cm <sup>3</sup>	1.429 gr/cm <sup>3</sup>	1.460 gr/cm <sup>3</sup>
- PESO UNITARIO SUELTO SECO:	1.422 gr/cm <sup>3</sup>	1.429 gr/cm <sup>3</sup>	1.460 gr/cm <sup>3</sup>

PROMEDIO - PUSS ARENA =

1.437 gr/cm<sup>3</sup>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

PESO UNITARIO COMPACTADO

ARENA

	A	B	C
- Peso Muestra Húmeda + Molde:	9825 gr	9800 gr	9770 gr
- Peso del Molde:	5250 gr	5250 gr	5250 gr
- Volumen del Molde:	2739.074 cm <sup>3</sup>	2739.074 cm <sup>3</sup>	2739.074 cm <sup>3</sup>
- Peso Unitario Suelto Húmedo:	1.670 gr/cm <sup>3</sup>	1.661 gr/cm <sup>3</sup>	1.650 gr/cm <sup>3</sup>
- PESO UNITARIO SUELTO SECO:	1.670 gr/cm <sup>3</sup>	1.661 gr/cm <sup>3</sup>	1.650 gr/cm <sup>3</sup>

PROMEDIO - PUCS ARENA = 1.660 gr/cm<sup>3</sup>

Ítem 03: Resumen por Promedio

PUS ARENA =	1.437 gr/cm <sup>3</sup>
PUCS ARENA =	1.660 gr/cm <sup>3</sup>

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Peso o Densidad Unitaria

**Normativa:** N.T.P. 400.017 – ASTM C29

**Muestra:** Piedra Chancada de 1/2”

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 30 de mayo del 2023

**Ítem 02: Análisis de Datos**

PESO UNITARIO SUELTO

PIEDRA CHANCADA

	A	B	C
- Peso Muestra Húmeda + Molde:	31625 gr	31695 gr	31230 gr
- Peso del Molde:	11075 gr	11075 gr	11075 gr
- Volumen del Molde:	13744.456 cm <sup>3</sup>	13744.456 cm <sup>3</sup>	13744.456 cm <sup>3</sup>
- Peso Unitario Suelto Húmedo:	1.495 gr/cm <sup>3</sup>	1.500 gr/cm <sup>3</sup>	1.466 gr/cm <sup>3</sup>
- PESO UNITARIO SUELTO SECO:	1.495 gr/cm <sup>3</sup>	1.500 gr/cm <sup>3</sup>	1.466 gr/cm <sup>3</sup>

PROMEDIO - PUSS PIEDRA CHANCADA = 1.487 gr/cm<sup>3</sup>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

PESO UNITARIO COMPACTADO

PIEDRA CHANCADA

	A	B	C
- Peso Muestra Húmeda + Molde:	32605 gr	32645 gr	32620 gr
- Peso del Molde:	11075 gr	11075 gr	11075 gr
- Volumen del Molde:	13744.456 cm <sup>3</sup>	13744.456 cm <sup>3</sup>	13744.456 cm <sup>3</sup>
- Peso Unitario Suelto Húmedo:	1.566 gr/cm <sup>3</sup>	1.569 gr/cm <sup>3</sup>	1.568 gr/cm <sup>3</sup>
- PESO UNITARIO SUELTO SECO:	1.566 gr/cm <sup>3</sup>	1.569 gr/cm <sup>3</sup>	1.567 gr/cm <sup>3</sup>

PROMEDIO - PUCS PIEDRA CHANCADA = 1.568 gr/cm<sup>3</sup>

Ítem 03: Resumen por Promedio

PUSS PIEDRA CHANCADA = 1.487 gr/cm<sup>3</sup>

PUCS PIEDRA CHANCADA = 1.568 gr/cm<sup>3</sup>

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 01: Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Contenido de Humedad

**Normativa:** N.T.P. 339.185 – ASTM C566

**Muestra:** Arena y Piedra Chancada

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 01 de junio del 2023

Ítem 02: Análisis de Datos

ARENA

	A	B	C
- Peso de la Muestra Húmeda + Tara:	980 gr	1175 gr	1470 gr
- Peso de la Muestra Seca + Tara:	965 gr	1155 gr	1445 gr
- Peso de la Tara:	110 gr	110 gr	590 gr
- CONTENIDO DE HUMEDAD:	1.754%	1.914%	2.924%

PROMEDIO - CONTENIDO DE HUMEDAD =

2.197%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

PIEDRA CHANCADA

	A	B	C
- Peso de la Muestra Húmeda + Tara:	3760 gr	3425 gr	4180 gr
- Peso de la Muestra Seca + Tara:	3705 gr	3390 gr	4130 gr
- Peso de la Tara:	330 gr	180 gr	590 gr
- CONTENIDO DE HUMEDAD:	1.630%	1.090%	1.412%

PROMEDIO - CONTENIDO DE HUMEDAD =

1.377%

Ítem 03: Resumen por Promedio

CH ARENA =

2.197%

CH PIEDRA CHANCADA =

1.377%

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

Ítem 01: Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Peso Específico y Absorción

**Normativa:** N.T.P. 400.021 – ASTM C127

**Muestra:** Arena Gruesa (Amarilla)

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 02 de junio

Ítem 02: Análisis de Datos

ARENA

A. Datos de la Arena

	A	B	C
1.- Peso de la Muestra Sat. Sup. Seca:	500 gr	500 gr	500 gr
2.- Peso de la Muestra Sat. Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua:	978.2 gr	979.8 gr	978.6 gr
3.- Peso de la Muestra S. Sup. Seca + Peso del Frasco (1+5):	674.9 gr	674.9 gr	674.9 gr
4.- Peso del Agua (2-3):	303.3 gr	304.9 gr	303.7 gr
5.- Peso del Frasco:	174.9 gr	174.9 gr	174.9 gr
6.- Peso de la Muestra Secada al Horno + Peso del Frasco (5+7):	665.8 gr	658.0 gr	664.1 gr
7.- Peso de la Muestra Seca al Horno:	490.9 gr	483.1 gr	489.2 gr
8.- Volumen del Frasco:	500 cm <sup>3</sup>	500 cm <sup>3</sup>	500 cm <sup>3</sup>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

B. Resultados

	A	B	C
a. PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA (7/ (8-4)):	2.496 gr/cm <sup>3</sup>	2.476 gr/cm <sup>3</sup>	2.492 gr/cm <sup>3</sup>
b. PESO ESPECÍFICO DE LA MASA S.S.S. (7/ (7-4)):	2.617 gr/cm <sup>3</sup>	2.711 gr/cm <sup>3</sup>	2.637 gr/cm <sup>3</sup>
c. PESO ESPECÍFICO APARENTE (7/ ((8-4) - (8-7)):	2.617 gr/cm <sup>3</sup>	2.711 gr/cm <sup>3</sup>	2.637 gr/cm <sup>3</sup>
d. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (((1-7) / 7) * 100):	1.854%	3.498%	2.208%

Ítem 03: Resumen por Promedio

- a. PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA (7/ (8-4)):
- b. PESO ESPECÍFICO DE LA MASA S.S.S. (7/ (7-4)):
- c. PESO ESPECÍFICO APARENTE (7/ ((8-4) - (8-7)):
- d. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (((1-7) / 7) \* 100):

PROMEDIO
2.488 gr/cm <sup>3</sup>
2.655 gr/cm <sup>3</sup>
2.655 gr/cm <sup>3</sup>
2.520%

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS

  
USS | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Peso Específico y Absorción

**Normativa:** N.T.P. 400.022 – ASTM C128

**Muestra:** Piedra Chancada de 1/2”

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** 02 de junio

**Ítem 02:** Análisis de Datos

PIEDRA CHANCADA

A. Datos de la Piedra Chanda

	A	B	C
1.- Peso de la Muestra Seca al Horno:	3381.0 gr	3450.0 gr	3245.0 gr
2.- Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca:	3290.0 gr	3385.0 gr	3183.0 gr
3.- Peso de la Muestra Saturada Dentro del Agua + Peso de la Canastilla:	2650.0 gr	2768.0 gr	2667.0 gr
4.- Peso de la Canastilla:	642.0 gr	642.0 gr	642.0 gr
5.- Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua (3-4):	2008.0 gr	2126.0 gr	2025.0 gr



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para Diseño de Mezcla del Concreto

B. Resultados

	A	B	C
a. PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA CHANCADA (1/ (2-5)):	2.396 gr/cm <sup>3</sup>	2.557 gr/cm <sup>3</sup>	2.609 gr/cm <sup>3</sup>
b. PESO ESPECÍFICO DE LA MASA S.S.S. (2/ (2-5)):	2.462 gr/cm <sup>3</sup>	2.606 gr/cm <sup>3</sup>	2.660 gr/cm <sup>3</sup>
c. PESO ESPECÍFICO APARENTE (1/ (1-5)):	2.566 gr/cm <sup>3</sup>	2.689 gr/cm <sup>3</sup>	2.749 gr/cm <sup>3</sup>
d. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (((2-1) / 1) *100):	2.766%	1.920%	1.948%

Ítem 03: Resumen por Promedio

a. PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA CHANCADA (1/ (2-5)):
b. PESO ESPECÍFICO DE LA MASA S.S.S. (2/ (2-5)):
c. PESO ESPECÍFICO APARENTE (1/ (1-5)):
d. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (((2-1) / 1) *100):

PROMEDIO
2.521 gr/cm <sup>3</sup>
2.576 gr/cm <sup>3</sup>
2.668 gr/cm <sup>3</sup>
2.21%

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Diseño de Mezcla para Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Diseño de Mezcla

**Normativa:** Normativa ACI 318 – Comité ACI 211.1

**Muestra:** Concreto

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** del 05 de junio al 15 de julio del 2023

**Ítem 02:** Análisis de Datos

**a. Especificaciones Técnicas**

- Resistencia Especificada:	210 kg/cm <sup>2</sup> y 280 kg/cm <sup>2</sup>	21 MPa y 28 MPa
- Uso:	Concreto Experimental - Uso General	
- Cemento:	Cemento Portland Tipo I	
- Peso Específico =	3150 kg/m <sup>3</sup>	
- Procedencia de Agregados:		
Arena:	Cantera Pátapo - La Victoria	
Piedra Chancada:	Cantera Pátapo - La Victoria	

**b. Agregados para Diseño de Mezcla**

	ARENA	PIEDRA CHANCADA
- Contenido de Humedad Natural:	2.197%	1.377%
- Porcentaje de Absorción:	2.520%	2.21%
- Peso Específico de Masa:	2655.0 kg/m <sup>3</sup>	2576.0 kg/m <sup>3</sup>
- Densidad – Peso Unitario Varillado:	1660.2 kg/m <sup>3</sup>	1567.6 kg/m <sup>3</sup>
- Densidad – Peso Unitario Suelto Seco:	1436.9 kg/m <sup>3</sup>	1487.1 kg/m <sup>3</sup>
- Módulo de Fineza:	2.917%	
- Tamaño Máximo Nominal:		1"      2.54 cm



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Diseño de Mezcla para Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Ítem 03:** Dosificación para Vaciado en Peso y Volumen

**b. Dosificación del Diseño de Mezcla en Peso**

9. Resumen de Materiales por Metro Cúbico:

- Agua Efectiva de Mezclado = 205.49 litros/m<sup>3</sup>
- Cemento = 348.257 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado Grueso = 1017.79 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado Fino = 787.878 kg/m<sup>3</sup>

10. Proporción de Valores en Peso para el Diseño de Mezcla:

$$\frac{C}{C} : \frac{F'n}{C} : \frac{G'n}{C} \quad | \quad \frac{We}{C}$$

$$\frac{348.257}{348.257} : \frac{787.878}{348.257} : \frac{1017.795}{348.257} \quad | \quad \frac{205.495}{348.257}$$

$$1.00 : 2.262 : 2.923 \quad | \quad 0.590$$

- Relación agua - cemento de diseño = 0.558      23.73 litros/kg
- Relación agua efectiva - cemento de diseño = 0.590      25.08 litros/kg
- Cantidad de cemento por metro cúbico = 8.19 sacos/m<sup>3</sup>

  
**USS** Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Diseño de Mezcla para Concreto  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

**Ítem 03:** Dosificación para Vaciado en Peso y Volumen

**b. Dosificación del Diseño de Mezcla en Peso**

9. Resumen de Materiales por Metro Cúbico:

- Agua Efectiva de Mezclado = 205.30 litros/m<sup>3</sup>
- Cemento = 417.310 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado Grueso = 1017.79 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado Fino = 728.397 kg/m<sup>3</sup>

10. Proporción de Valores en Peso para el Diseño de Mezcla:

$$\frac{C}{C} : \frac{F'n}{C} : \frac{G'n}{C} \quad | \quad \frac{We}{C}$$

$$\frac{417.310}{417.310} : \frac{728.397}{417.310} : \frac{1017.795}{417.310} \quad | \quad \frac{205.303}{417.310}$$

1.00	:	1.745	:	2.439		0.492
------	---	-------	---	-------	--	-------

- Relación agua - cemento de diseño = 0.466      19.81 litros/kg
- Relación agua efectiva - cemento de diseño = 0.492      19.41 litros/kg
- Cantidad de cemento por metro cúbico = 9.82 sacos/m<sup>3</sup>

**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL

Anexo 8.3.1. Ensayos para Propiedades del Concreto en Estado Fresco – Temperatura.



Universidad  
Señor de Sipán

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Temperatura

**Normativa:** N.T.P. 339.184 – ASTM C1064

**Muestra:** Concreto Fresco

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 05 de junio al 15 de julio del 2023

1.- Temperatura del Concreto en Estado Fresco

**Ítem 02:** Análisis de Datos

Temperatura Promedio f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)	
Hora Establecida (9 am - 2 pm)	
T° Ambiente Promedio	26.0 °C
T° CP	28.0 °C
T° CNCu 0.025%	28.4 °C
T° CNCu 0.05%	28.7 °C
T° CNCu 0.075%	29.0 °C
T° CNCu 0.1%	29.4 °C



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

.....

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)	
Hora Establecida (4 pm - 10 pm)	
T° Ambiente Promedio	22.0 °C
T° CP	24.8 °C
T° CNCu 0.025%	25.8 °C
T° CNCu 0.05%	26.0 °C
T° CNCu 0.075%	26.7 °C
T° CNCu 0.1%	26.9 °C

Temperatura Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)	
Hora Establecida (9 am - 2 pm)	
T° Ambiente Promedio	26.0 °C
T° CP	29.0 °C
T° CNCu 0.025%	29.5 °C
T° CNCu 0.05%	30.1 °C
T° CNCu 0.075%	30.7 °C
T° CNCu 0.1%	31.0 °C

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)	
Hora Establecida (4 pm - 10 pm)	
T° Ambiente Promedio	22.0 °C
T° CP	26.1 °C
T° CNCu 0.025%	26.5 °C
T° CNCu 0.05%	27.2 °C
T° CNCu 0.075%	27.7 °C
T° CNCu 0.1%	28.0 °C

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

Comparación T° Promedio entre 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
TEMPERATURA (ASTM C1064 - NTP 339.184)				
Muestras	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	Δ V	% P	Δ V	% P
T° CP	0.0 °C	0.00%	0.0 °C	0.00%
T° CNCu 0.025%	0.7 °C	2.78%	0.5 °C	1.68%
T° CNCu 0.05%	1.0 °C	3.73%	1.1 °C	4.13%
T° CNCu 0.075%	1.4 °C	5.48%	1.7 °C	6.04%
T° CNCu 0.1%	1.8 °C	6.71%	2.0 °C	7.22%

**Ítem 03:** Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC – USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación




 Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.2.** Ensayos para Propiedades del Concreto en Estado Fresco – Asentamiento o Slump.



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Asentamiento

**Normativa:** N.T.P. 339.035 – ASTM C143

**Muestra:** Concreto Fresco

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 05 de junio al 15 de julio del 2023

**Ítem 02:** Análisis de Datos

2.- Asentamiento del Concreto en Estado Fresco

a. Slump Promedio  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>		
ASENTAMIENTO (ASTM C143 - NTP 339.035)		
MUESTRAS	Slump (pulgadas)	Slump (cm)
Slump Mínimo	3.00 "	7.6 cm
Slump CP	3.11 "	7.9 cm
Slump CNCu 0.025%	3.07 "	7.8 cm
Slump CNCu 0.05%	3.02 "	7.7 cm
Slump CNCu 0.075%	2.80 "	7.1 cm
Slump CNCu 0.1%	2.60 "	6.6 cm
Slump Máximo	4.00 "	10.2 cm



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

**b. Slump Promedio  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>		
ASENTAMIENTO (ASTM C143 - NTP 339.035)		
MUESTRAS	Slump (pulgadas)	Slump (cm)
Slump Mínimo	3.00 "	7.6 cm
Slump CP	3.20 "	8.1 cm
Slump CNCu 0.025%	3.11 "	7.9 cm
Slump CNCu 0.05%	3.05 "	7.7 cm
Slump CNCu 0.075%	2.90 "	7.4 cm
Slump CNCu 0.1%	2.75 "	7.0 cm
Slump Máximo	4.00 "	10.2 cm

**c. Comparación del Slump Promedio entre 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
SLUMP RESPECTO AL MÍNIMO (ASTM C1064 - NTP 339.184)				
Muestras	$f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>		$f'c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
Slump Mínimo	0.0	0.0%	0.0	0.0%
Slump CP	0.3	3.6%	0.51	6.4%
Slump CNCu 0.025%	0.2	2.3%	0.28	3.6%
Slump CNCu 0.05%	0.1	0.7%	0.13	1.7%
Slump CNCu 0.075%	-0.5	-7.7%	-0.25	-3.6%
Slump CNCu 0.1%	-1.0	-10.0%	-0.64	-6.3%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

SLUMP RESPECTO AL MÁXIMO (ASTM C1064 - NTP 339.184)

Muestras	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
Slump Mínimo	2.3	28.6%	2.03	80.0%
Slump CP	2.4	93.0%	2.26	89.0%
Slump CNCu 0.025%	2.5	98.0%	2.41	95.0%
Slump CNCu 0.05%	3.0	120.0%	2.79	110.0%
Slump CNCu 0.075%	3.6	140.0%	3.18	125.0%
Slump CNCu 0.1%	0.0	0.0%	0.0	0.0%

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO Y TALLERES  
ESC. INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.3. Ensayos para Propiedades del Concreto en Estado Fresco – Peso o Densidad Unitaria.**



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO**

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

**Ítem 01: Datos**

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Peso o Densidad Unitaria

**Normativa:** N.T.P. 339.046 – ASTM C138

**Muestra:** Concreto Fresco

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 05 de junio al 15 de julio del 2023

**Ítem 02: Análisis de Datos**

**3.- Densidad - Peso Unitario del Concreto en Estado Fresco**

Peso del Molde (Olla Washington) = 2.325 kg

Volumen del Molde (Olla Washington) = 0.074 m<sup>3</sup>

**a. Peso Unitario Promedio f<sub>c</sub>: 210 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO f <sub>c</sub> : 210 kg/cm <sup>2</sup>		
PESO UNITARIO (ASTM C138 - NTP 339.046)		
MUESTRAS	PM (kg)	PU (kg/m <sup>3</sup> )
Peso Unitario Mínimo	-	2200.00 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CP	19.515 kg	2334.61 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.025%	19.585 kg	2344.12 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.05%	19.520 kg	2335.29 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.075%	19.570 kg	2342.08 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.1%	19.545 kg	2338.69 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Máximo	-	2400.00 kg/m <sup>3</sup>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

**b. Peso Unitario Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>		
PESO UNITARIO (ASTM C138 - NTP 339.046)		
MUESTRAS	PM (kg)	PU (kg/m <sup>3</sup> )
Peso Unitario Mínimo	-	2200.00 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CP	19.740 kg	2365.17 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.025%	19.750 kg	2366.53 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.05%	19.680 kg	2357.02 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.075%	19.695 kg	2359.06 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario CNCu 0.1%	19.710 kg	2361.10 kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Máximo	-	2400.00 kg/m <sup>3</sup>

**c. Comparación del Peso Unitario Promedio entre 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
PESO UNITARIO RESPECTO AL MÍNIMO (ASTM C138 - NTP 339.046)				
Muestras	F'c mín.: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c mín.: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
PU Mínimo	0.0	0%	0.0	0%
PU CP	0.00 kg/m <sup>3</sup>	0%	0.00 kg/m <sup>3</sup>	0%
PU CNCu 0.025%	9.51 kg/m <sup>3</sup>	0.4%	4.08 kg/m <sup>3</sup>	0.2%
PU CNCu 0.05%	0.68 kg/m <sup>3</sup>	0.03%	2.04 kg/m <sup>3</sup>	0.1%
PU CNCu 0.075%	7.47 kg/m <sup>3</sup>	0.3%	9.51 kg/m <sup>3</sup>	0.4%
PU CNCu 0.1%	4.07 kg/m <sup>3</sup>	0.2%	8.15 kg/m <sup>3</sup>	0.3%
PU Máximo	200.00	100%	200.00	100%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

Muestras	F'c mín.: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c mín.: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
PU Mínimo	200.0	100%	200.0	100%
PU CP	65.4	33%	42.98	21%
PU CNCu 0.025%	55.9	28%	33.47	17%
PU CNCu 0.05%	64.7	32%	34.83	17%
PU CNCu 0.075%	57.9	29%	40.94	20%
PU CNCu 0.1%	61.3	31%	38.90	19%
PU Máximo	0.0	0%	0.0	0%

Ítem 03: Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

### Anexo 8.3.4. Ensayos para Propiedades del Concreto en Estado Fresco – %AA



Universidad  
Señor de Sipán

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

#### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

Ítem 01: Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Porcentaje de Aire Atrapado

**Normativa:** N.T.P. 339.081 – ASTM C231

**Muestra:** Concreto Fresco

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 05 de junio al 15 de julio del 2023

Ítem 02: Análisis de Datos

#### 4.- % de Aire Atrapado del Concreto en Estado Fresco

a. % Aire Atrapado Promedio f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO		
PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO (ASTM C231 - NTP 339.081)		
MUESTRAS	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>
%AA CP	1.75%	1.85%
%AA CNCu 0.025%	1.70%	1.75%
%AA CNCu 0.05%	1.72%	1.84%
%AA CNCu 0.075%	1.80%	1.90%
%AA CNCu 0.1%	1.86%	1.94%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Físicos para el Concreto en Estado Fresco

**b. Comparación del %AA Promedio entre 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>**

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
%AIRE ATRAPADO (ASTM C231 - NTP 339.081)				
Muestras	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta V$	% P	$\Delta V$	% P
%AA CP	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%
%AA CNCu 0.025%	-0.0005	-2.9%	-0.0010	-5.4%
%AA CNCu 0.05%	-0.0003	-1.7%	-0.0001	-0.5%
%AA CNCu 0.075%	0.0005	2.9%	0.0005	2.7%
%AA CNCu 0.1%	0.0011	6.3%	0.0009	4.9%

**Ítem 03: Análisis Gráfico**

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.5.** Ensayos Propiedades del Concreto en Estado Endurecido - Resistencia a la Compresión.



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Resistencia a la Compresión

**Normativa:** N.T.P. 339.034 – ASTM C39

**Muestra:** Concreto Endurecido

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 14 de junio al 09 de agosto del 2023



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

a. RC Promedio  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)									
MUESTRAS $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días		28 días		
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04					
RC Concreto Patrón	159.88 kg/cm <sup>2</sup>	212.11 kg/cm <sup>2</sup>	231.32 kg/cm <sup>2</sup>	250.66 kg/cm <sup>2</sup>					
RC CNCu 0.025%	177.77 kg/cm <sup>2</sup>	227.16 kg/cm <sup>2</sup>	245.69 kg/cm <sup>2</sup>	284.00 kg/cm <sup>2</sup>					
RC CNCu 0.05%	215.52 kg/cm <sup>2</sup>	255.24 kg/cm <sup>2</sup>	271.73 kg/cm <sup>2</sup>	320.11 kg/cm <sup>2</sup>					
RC CNCu 0.075%	231.42 kg/cm <sup>2</sup>	270.30 kg/cm <sup>2</sup>	291.56 kg/cm <sup>2</sup>	339.22 kg/cm <sup>2</sup>					
RC CNCu 0.1%	242.70 kg/cm <sup>2</sup>	280.22 kg/cm <sup>2</sup>	300.93 kg/cm <sup>2</sup>	341.13 kg/cm <sup>2</sup>					
PROYECCIÓN DE RESISTENCIA (ASTM C 1074)	$\Delta$ %	66.22%	$\Delta$ %	85.47%	$\Delta$ %	94.64%	$\Delta$ %	100.00%	
	$f_c$	139.1 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	179.5 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	198.7 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	210.0 kg/cm <sup>2</sup>	

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

b. RC Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)									
MUESTRAS $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días		28 días		
	Promedio	01	Promedio	02	Promedio	03	Promedio	04	
RC Concreto Patrón	209.22	kg/cm <sup>2</sup>	267.35	kg/cm <sup>2</sup>	297.50	kg/cm <sup>2</sup>	319.00	kg/cm <sup>2</sup>	
RC CNCu 0.025%	221.09	kg/cm <sup>2</sup>	276.83	kg/cm <sup>2</sup>	309.10	kg/cm <sup>2</sup>	327.18	kg/cm <sup>2</sup>	
RC CNCu 0.05%	270.88	kg/cm <sup>2</sup>	322.97	kg/cm <sup>2</sup>	351.37	kg/cm <sup>2</sup>	383.72	kg/cm <sup>2</sup>	
RC CNCu 0.075%	279.84	kg/cm <sup>2</sup>	333.42	kg/cm <sup>2</sup>	360.53	kg/cm <sup>2</sup>	392.31	kg/cm <sup>2</sup>	
RC CNCu 0.1%	292.57	kg/cm <sup>2</sup>	340.55	kg/cm <sup>2</sup>	373.48	kg/cm <sup>2</sup>	395.91	kg/cm <sup>2</sup>	
PROYECCIÓN DE	$\Delta$ %	66.22%	$\Delta$ %	85.47%	$\Delta$ %	94.64%	$\Delta$ %	100.00%	
RESISTENCIA (ASTM C 1074)	$f_c$	185.4 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	239.3 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	265.0 kg/cm <sup>2</sup>	$f_c$	280.0 kg/cm <sup>2</sup>	

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

c. Variación Porcentual RC con Factor de Seguridad

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RC Concreto Patrón	15.0%	18.2%	16.4%	19.4%
RC CNCu 0.025%	27.8%	26.6%	23.6%	35.2%
RC CNCu 0.05%	55.0%	42.2%	36.7%	52.4%
RC CNCu 0.075%	66.4%	50.6%	46.7%	61.5%
RC CNCu 0.1%	74.5%	56.1%	51.4%	62.4%

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTREO CON FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % VF (7 días)	$\Delta$ % VF (14 días)	$\Delta$ % VF (21 días)	$\Delta$ % VF (28 días)
RC Concreto Patrón	-17.9%	-15.6%	-16.9%	-14.7%
RC CNCu 0.025%	-8.7%	-9.6%	-11.7%	-3.4%
RC CNCu 0.05%	10.7%	1.6%	-2.3%	8.9%
RC CNCu 0.075%	18.9%	7.6%	4.8%	15.4%
RC CNCu 0.1%	24.7%	11.5%	8.2%	16.0%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

d. Variación Porcentual RC con Factor de Seguridad

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RC Concreto Patrón	12.8%	11.7%	12.3%	13.9%
RC CNCu 0.025%	19.2%	15.7%	16.6%	16.8%
RC CNCu 0.05%	46.1%	35.0%	32.6%	37.0%
RC CNCu 0.075%	50.9%	39.3%	36.1%	40.1%
RC CNCu 0.1%	57.8%	42.3%	40.9%	41.4%

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTREO CON FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % VF (7 días)	$\Delta$ % VF (14 días)	$\Delta$ % VF (21 días)	$\Delta$ % VF (28 días)
RC Concreto Patrón	-13.2%	-14.1%	-16.9%	-12.4%
RC CNCu 0.025%	-8.3%	-11.0%	-12.7%	-10.1%
RC CNCu 0.05%	12.4%	3.8%	2.5%	5.4%
RC CNCu 0.075%	16.1%	7.2%	5.8%	7.8%
RC CNCu 0.1%	21.4%	9.5%	10.4%	8.8%

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

e. Comparación por Resistencia Óptima y Curva de Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)		
RESISTENCIA ÓPTIMA	28 días	
	RC CP	RC CNCu 0.05%
f <sub>c</sub> : 210 kg/cm <sup>2</sup>	250.66 kg/cm <sup>2</sup>	320.11 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub> : 280 kg/cm <sup>2</sup>	319.00 kg/cm <sup>2</sup>	383.72 kg/cm <sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C39 - NTP 339.034)				
MUESTRAS	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
RC Concreto Patrón 21MPa	159.88 kg/cm <sup>2</sup>	212.11 kg/cm <sup>2</sup>	231.32 kg/cm <sup>2</sup>	250.66 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.025% 21MPa	177.77 kg/cm <sup>2</sup>	227.16 kg/cm <sup>2</sup>	245.69 kg/cm <sup>2</sup>	284.00 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.05% 21MPa	215.52 kg/cm <sup>2</sup>	255.24 kg/cm <sup>2</sup>	271.73 kg/cm <sup>2</sup>	320.11 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.075% 21MPa	231.42 kg/cm <sup>2</sup>	270.30 kg/cm <sup>2</sup>	291.56 kg/cm <sup>2</sup>	339.22 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.1% 21MPa	242.70 kg/cm <sup>2</sup>	280.22 kg/cm <sup>2</sup>	300.93 kg/cm <sup>2</sup>	341.13 kg/cm <sup>2</sup>
RC Concreto Patrón 28 MPa	209.22 kg/cm <sup>2</sup>	267.35 kg/cm <sup>2</sup>	297.50 kg/cm <sup>2</sup>	319.00 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.025% 28 MPa	221.09 kg/cm <sup>2</sup>	276.83 kg/cm <sup>2</sup>	309.10 kg/cm <sup>2</sup>	327.18 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.05% 28 MPa	270.88 kg/cm <sup>2</sup>	322.97 kg/cm <sup>2</sup>	351.37 kg/cm <sup>2</sup>	383.72 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.075% 28 MPa	279.84 kg/cm <sup>2</sup>	333.42 kg/cm <sup>2</sup>	360.53 kg/cm <sup>2</sup>	392.31 kg/cm <sup>2</sup>
RC CNCu 0.1% 28 MPa	292.57 kg/cm <sup>2</sup>	340.55 kg/cm <sup>2</sup>	373.48 kg/cm <sup>2</sup>	395.91 kg/cm <sup>2</sup>



---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

---

**Ítem 03:** Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación



**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.6.** Ensayos Propiedades del Concreto en Estado Endurecido – Resistencia a la Tracción por Corte Diametral.



Universidad  
**Señor de Sipán**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Resistencia a la Tracción por Corte Diametral

**Normativa:** N.T.P. 339.084 – ASTM C496

**Muestra:** Concreto Endurecido

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 14 de junio al 09 de agosto del 2023



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

b. RT Promedio  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTRAS $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
RT Concreto Patrón	15.66 kg/cm <sup>2</sup>	19.77 kg/cm <sup>2</sup>	22.49 kg/cm <sup>2</sup>	24.69 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025%	18.81 kg/cm <sup>2</sup>	23.25 kg/cm <sup>2</sup>	25.23 kg/cm <sup>2</sup>	27.82 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05%	21.29 kg/cm <sup>2</sup>	24.92 kg/cm <sup>2</sup>	28.03 kg/cm <sup>2</sup>	31.29 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075%	16.39 kg/cm <sup>2</sup>	20.78 kg/cm <sup>2</sup>	23.37 kg/cm <sup>2</sup>	25.30 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1%	15.51 kg/cm <sup>2</sup>	19.56 kg/cm <sup>2</sup>	21.85 kg/cm <sup>2</sup>	24.12 kg/cm <sup>2</sup>
PROYECCIÓN DE RESISTENCIA (AASHTO T192)	$\Delta f_c$	13.2 kg/cm <sup>2</sup>	18.2 kg/cm <sup>2</sup>	
	$f_c$	210.0 kg/cm <sup>2</sup>	294.0 kg/cm <sup>2</sup>	

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

c. RT Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTRAS $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
RT Concreto Patrón	17.74 kg/cm <sup>2</sup>	22.48 kg/cm <sup>2</sup>	25.11 kg/cm <sup>2</sup>	28.23 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025%	20.89 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.20 kg/cm <sup>2</sup>	31.90 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05%	24.01 kg/cm <sup>2</sup>	27.95 kg/cm <sup>2</sup>	30.90 kg/cm <sup>2</sup>	34.43 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075%	21.70 kg/cm <sup>2</sup>	24.10 kg/cm <sup>2</sup>	26.70 kg/cm <sup>2</sup>	30.10 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1%	17.60 kg/cm <sup>2</sup>	22.30 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.80 kg/cm <sup>2</sup>
PROYECCIÓN DE RESISTENCIA (AASHTO T192)	$\Delta f_c$	17.4 kg/cm <sup>2</sup>	22.4 kg/cm <sup>2</sup>	
	$f_c$	280.0 kg/cm <sup>2</sup>	364.0 kg/cm <sup>2</sup>	

  
**USS** | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

d. Variación Porcentual RT con Factor de Seguridad

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RT Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RT CNCu 0.025%	20.2%	17.6%	12.2%	12.7%
RT CNCu 0.05%	36.0%	26.1%	24.6%	26.7%
RT CNCu 0.075%	4.7%	5.1%	3.9%	2.5%
RT CNCu 0.1%	-0.9%	-1.0%	-2.9%	-2.3%

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RT Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RT CNCu 0.025%	17.8%	7.6%	8.3%	13.0%
RT CNCu 0.05%	35.4%	24.3%	23.1%	22.0%
RT CNCu 0.075%	22.4%	7.2%	6.3%	6.6%
RT CNCu 0.1%	-0.8%	-0.8%	-3.6%	-1.5%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

e. Variación Porcentual RT con Factor de Seguridad 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR CORTE DIAMETRAL (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTREO CON FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	Δ % V (28 días)	Δ % VF (28 días)	Δ % V (28 días)	Δ % VF (28 días)
RT Concreto Patrón	87.1%	35.4%	62.3%	25.8%
RT CNCu 0.025%	110.8%	52.5%	83.3%	42.2%
RT CNCu 0.05%	137.1%	71.6%	97.9%	53.4%
RT CNCu 0.075%	91.7%	38.7%	73.0%	34.1%
RT CNCu 0.1%	82.7%	32.2%	59.8%	23.9%

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

f. Comparación por Resistencia Óptima y Curva de Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO		
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (ASTM C496 - NTP 339.084)		
RESISTENCIA ÓPTIMA	28 días	
	RT CP	RT CNCu 0.05%
f <sub>c</sub> : 210 kg/cm <sup>2</sup>	24.69 kg/cm <sup>2</sup>	31.29 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub> : 280 kg/cm <sup>2</sup>	28.23 kg/cm <sup>2</sup>	34.43 kg/cm <sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (ASTM C496 - NTP 339.084)				
MUESTRAS	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
RT Concreto Patrón 21MPa	15.66 kg/cm <sup>2</sup>	19.77 kg/cm <sup>2</sup>	22.49 kg/cm <sup>2</sup>	24.69 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025% 21MPa	18.81 kg/cm <sup>2</sup>	23.25 kg/cm <sup>2</sup>	25.23 kg/cm <sup>2</sup>	27.82 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05% 21MPa	21.29 kg/cm <sup>2</sup>	24.92 kg/cm <sup>2</sup>	28.03 kg/cm <sup>2</sup>	31.29 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075% 21MPa	16.39 kg/cm <sup>2</sup>	20.78 kg/cm <sup>2</sup>	23.37 kg/cm <sup>2</sup>	25.30 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1% 21MPa	15.51 kg/cm <sup>2</sup>	19.56 kg/cm <sup>2</sup>	21.85 kg/cm <sup>2</sup>	24.12 kg/cm <sup>2</sup>
RT Concreto Patrón 28 MPa	17.74 kg/cm <sup>2</sup>	22.48 kg/cm <sup>2</sup>	25.11 kg/cm <sup>2</sup>	28.23 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.025% 28 MPa	20.89 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.20 kg/cm <sup>2</sup>	31.90 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.05% 28 MPa	24.01 kg/cm <sup>2</sup>	27.95 kg/cm <sup>2</sup>	30.90 kg/cm <sup>2</sup>	34.43 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.075% 28 MPa	21.70 kg/cm <sup>2</sup>	24.10 kg/cm <sup>2</sup>	26.70 kg/cm <sup>2</sup>	30.10 kg/cm <sup>2</sup>
RT CNCu 0.1% 28 MPa	17.60 kg/cm <sup>2</sup>	22.30 kg/cm <sup>2</sup>	24.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.80 kg/cm <sup>2</sup>



---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

---

**Ítem 03:** Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación



**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.7.** Ensayos Propiedades del Concreto en Estado Endurecido – Resistencia a la Flexión.



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Resistencia a la Flexo - Tracción

**Normativa:** N.T.P. 339.078 – ASTM C78

**Muestra:** Concreto Endurecido

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 14 de junio al 09 de agosto del 2023



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

b. RF Promedio  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>						
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)						
MUESTRAS $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días	28 días
	Promedio 01		Promedio 02		Promedio 03	Promedio 04
RF Concreto Patrón	33.86 kg/cm <sup>2</sup>		38.64 kg/cm <sup>2</sup>		46.58 kg/cm <sup>2</sup>	49.86 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.025%	36.36 kg/cm <sup>2</sup>		40.12 kg/cm <sup>2</sup>		46.62 kg/cm <sup>2</sup>	50.42 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.05%	37.93 kg/cm <sup>2</sup>		41.29 kg/cm <sup>2</sup>		46.91 kg/cm <sup>2</sup>	52.00 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.075%	33.70 kg/cm <sup>2</sup>		38.32 kg/cm <sup>2</sup>		44.95 kg/cm <sup>2</sup>	48.20 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.1%	30.08 kg/cm <sup>2</sup>		36.23 kg/cm <sup>2</sup>		41.67 kg/cm <sup>2</sup>	46.59 kg/cm <sup>2</sup>
PROYECCIÓN DE RESISTENCIA (AASHTO T192)	$\Delta f_c$	15%	31.5 kg/cm <sup>2</sup> 44.1 kg/cm <sup>2</sup>			
	$f_c$		210.0 kg/cm <sup>2</sup> 294.0 kg/cm <sup>2</sup>			


 Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC. INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

c. RF Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>								
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)								
MUESTRAS $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días		28 días	
	Promedio 01		Promedio 02		Promedio 03		Promedio 04	
RF Concreto Patrón	40.85 kg/cm <sup>2</sup>		44.80 kg/cm <sup>2</sup>		47.73 kg/cm <sup>2</sup>		52.72 kg/cm <sup>2</sup>	
RF CNCu 0.025%	44.62 kg/cm <sup>2</sup>		47.68 kg/cm <sup>2</sup>		51.11 kg/cm <sup>2</sup>		55.41 kg/cm <sup>2</sup>	
RF CNCu 0.05%	47.39 kg/cm <sup>2</sup>		53.59 kg/cm <sup>2</sup>		56.49 kg/cm <sup>2</sup>		58.53 kg/cm <sup>2</sup>	
RF CNCu 0.075%	40.18 kg/cm <sup>2</sup>		44.50 kg/cm <sup>2</sup>		48.12 kg/cm <sup>2</sup>		52.70 kg/cm <sup>2</sup>	
RF CNCu 0.1%	38.76 kg/cm <sup>2</sup>		42.97 kg/cm <sup>2</sup>		45.91 kg/cm <sup>2</sup>		50.68 kg/cm <sup>2</sup>	
PROYECCIÓN DE RESISTENCIA (AASHTO T192)	$\Delta f_c$	15%	42.0 kg/cm <sup>2</sup> 54.6 kg/cm <sup>2</sup>					
	$f_c$		280.0 kg/cm <sup>2</sup> 364.0 kg/cm <sup>2</sup>					

  
USS | Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

d. Variación Porcentual RF con Factor de Seguridad

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RF Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RF CNCu 0.025%	7.4%	3.8%	0.1%	1.1%
RF CNCu 0.05%	12.0%	6.9%	0.7%	4.3%
RF CNCu 0.075%	-0.5%	-0.8%	-3.5%	-3.3%
RF CNCu 0.1%	-11.2%	-6.2%	-10.5%	-6.6%

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	$\Delta$ % V (7 días)	$\Delta$ % V (14 días)	$\Delta$ % V (21 días)	$\Delta$ % V (28 días)
RF Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RF CNCu 0.025%	9.2%	6.4%	7.1%	5.1%
RF CNCu 0.05%	16.0%	19.6%	18.4%	11.0%
RF CNCu 0.075%	-1.6%	-0.7%	0.8%	0.0%
RF CNCu 0.1%	-5.1%	-4.1%	-3.8%	-3.9%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

e. Variación Porcentual RF con Factor de Seguridad 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)				
MUESTREO CON FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	$\Delta$ % V (28 días)	$\Delta$ % VF (28 días)	$\Delta$ % V (28 días)	$\Delta$ % VF (28 días)
RF Concreto Patrón	58.3%	13.1%	25.5%	-3.4%
RF CNCu 0.025%	60.1%	14.3%	31.9%	1.5%
RF CNCu 0.05%	65.1%	17.9%	39.4%	7.2%
RF CNCu 0.075%	53.0%	9.3%	25.5%	-3.5%
RF CNCu 0.1%	47.9%	5.6%	20.7%	-7.2%

  
**USS** Universidad Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

f. Comparación por Resistencia Óptima y Curva de Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO		
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)		
RESISTENCIA ÓPTIMA	28 días	
	RF CP	RF CNCu 0.05%
f <sub>c</sub> : 210 kg/cm <sup>2</sup>	49.86 kg/cm <sup>2</sup>	52.00 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub> : 280 kg/cm <sup>2</sup>	52.72 kg/cm <sup>2</sup>	58.53 kg/cm <sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM C78 - NTP 339.078)				
MUESTRAS	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
RF Concreto Patrón 21MPa	33.86 kg/cm <sup>2</sup>	38.64 kg/cm <sup>2</sup>	46.58 kg/cm <sup>2</sup>	49.86 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.025% 21MPa	36.36 kg/cm <sup>2</sup>	40.12 kg/cm <sup>2</sup>	46.62 kg/cm <sup>2</sup>	50.42 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.05% 21MPa	37.93 kg/cm <sup>2</sup>	41.29 kg/cm <sup>2</sup>	46.91 kg/cm <sup>2</sup>	52.00 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.075% 21MPa	33.70 kg/cm <sup>2</sup>	38.32 kg/cm <sup>2</sup>	44.95 kg/cm <sup>2</sup>	48.20 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.1% 21MPa	30.08 kg/cm <sup>2</sup>	36.23 kg/cm <sup>2</sup>	41.67 kg/cm <sup>2</sup>	46.59 kg/cm <sup>2</sup>
RF Concreto Patrón 28 MPa	40.85 kg/cm <sup>2</sup>	44.80 kg/cm <sup>2</sup>	47.73 kg/cm <sup>2</sup>	52.72 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.025% 28 MPa	44.62 kg/cm <sup>2</sup>	47.68 kg/cm <sup>2</sup>	51.11 kg/cm <sup>2</sup>	55.41 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.05% 28 MPa	47.39 kg/cm <sup>2</sup>	53.59 kg/cm <sup>2</sup>	56.49 kg/cm <sup>2</sup>	58.53 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.075% 28 MPa	40.18 kg/cm <sup>2</sup>	44.50 kg/cm <sup>2</sup>	48.12 kg/cm <sup>2</sup>	52.70 kg/cm <sup>2</sup>
RF CNCu 0.1% 28 MPa	38.76 kg/cm <sup>2</sup>	42.97 kg/cm <sup>2</sup>	45.91 kg/cm <sup>2</sup>	50.68 kg/cm <sup>2</sup>



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

---

**Ítem 03:** Análisis Gráfico

Observaciones:

- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

**Anexo 8.3.8.** Ensayos Propiedades del Concreto en Estado Endurecido – Módulo de Elasticidad



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel  
Chiclayo, Perú  
Teléfono (074) 481610

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

.....  
**Ítem 01:** Datos

**Título de Proyecto:** Análisis Comparativo de la Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre

**Alumno Solicitante:** Sánchez Chicana John Antony

**Ensayo:** Módulo de Elasticidad

**Normativa:** ASTM C469 - E.060

**Muestra:** Concreto Endurecido

**Ubicación:** Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, Km 5 Carretera a Pimentel, Perú.

**Fecha de Ensayo:** Del 14 de junio al 09 de agosto del 2023



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

b. ME Promedio  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)

MUESTRAS $f_c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días		28 días	
	Promedio 01		Promedio 02		Promedio 03		Promedio 04	
ME Concreto Patrón	83424.35 kg/cm <sup>2</sup>		126244.25 kg/cm <sup>2</sup>		146724.50 kg/cm <sup>2</sup>		181094.37 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.025%	83319.60 kg/cm <sup>2</sup>		133446.12 kg/cm <sup>2</sup>		146434.96 kg/cm <sup>2</sup>		184794.12 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.05%	85901.85 kg/cm <sup>2</sup>		130193.34 kg/cm <sup>2</sup>		152595.01 kg/cm <sup>2</sup>		183414.48 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.075%	83589.74 kg/cm <sup>2</sup>		125493.99 kg/cm <sup>2</sup>		141947.80 kg/cm <sup>2</sup>		185758.30 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.1%	82745.82 kg/cm <sup>2</sup>		123231.12 kg/cm <sup>2</sup>		140726.94 kg/cm <sup>2</sup>		179637.66 kg/cm <sup>2</sup>	
LÍMITE ELASTICO DEL CONCRETO	$\Delta f_c$	299556.0 kg/cm <sup>2</sup>		335110.0 kg/cm <sup>2</sup>				
	$f_c$	210.0 kg/cm <sup>2</sup>		294.0 kg/cm <sup>2</sup>				


 Universidad  
Señor de Sipán  
  
**Wilson Olaya Aguilar**  
 COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
 ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

c. ME Promedio  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>								
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)								
MUESTRAS $f_c$ : 280 kg/cm <sup>2</sup>	7 días		14 días		21 días		28 días	
	Promedio 01		Promedio 02		Promedio 03		Promedio 04	
ME Concreto Patrón	115942.17 kg/cm <sup>2</sup>		155581.99 kg/cm <sup>2</sup>		185167.37 kg/cm <sup>2</sup>		238302.86 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.025%	119747.04 kg/cm <sup>2</sup>		151932.07 kg/cm <sup>2</sup>		189472.49 kg/cm <sup>2</sup>		230786.25 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.05%	121486.12 kg/cm <sup>2</sup>		157575.27 kg/cm <sup>2</sup>		188609.92 kg/cm <sup>2</sup>		239515.72 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.075%	115874.95 kg/cm <sup>2</sup>		154163.60 kg/cm <sup>2</sup>		181609.49 kg/cm <sup>2</sup>		230567.09 kg/cm <sup>2</sup>	
ME CNCu 0.1%	112531.20 kg/cm <sup>2</sup>		151035.03 kg/cm <sup>2</sup>		182711.70 kg/cm <sup>2</sup>		228350.12 kg/cm <sup>2</sup>	
LÍMITE ELASTICO DEL CONCRETO	$\Delta f_c$	329704.1 kg/cm <sup>2</sup>		359836.7 kg/cm <sup>2</sup>				
	$f_c$	280.0 kg/cm <sup>2</sup>		364.0 kg/cm <sup>2</sup>				

  
USS | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERIA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

d. Variación Porcentual ME con Factor de Seguridad

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
ME Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ME CNCu 0.025%	-0.1%	5.7%	-0.2%	2.0%
ME CNCu 0.05%	3.0%	3.1%	4.0%	1.3%
ME CNCu 0.075%	0.2%	-0.6%	-3.3%	2.6%
ME CNCu 0.1%	-0.8%	-2.4%	-4.1%	-0.8%

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)				
MUESTREO SIN FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>			
	Δ % V (7 días)	Δ % V (14 días)	Δ % V (21 días)	Δ % V (28 días)
ME Concreto Patrón	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ME CNCu 0.025%	3.3%	-2.3%	2.3%	-3.2%
ME CNCu 0.05%	4.8%	1.3%	1.9%	0.5%
ME CNCu 0.075%	-0.1%	-0.9%	-1.9%	-3.2%
ME CNCu 0.1%	-2.9%	-2.9%	-1.3%	-4.2%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

e. Variación Porcentual ME con Factor de Seguridad 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)				
MUESTREO CON FACTOR DE SEGURIDAD	F'c: 210 kg/cm <sup>2</sup>		F'c: 280 kg/cm <sup>2</sup>	
	Δ % V (28 días)	Δ % VF (28 días)	Δ % V (28 días)	Δ % VF (28 días)
ME Concreto Patrón	39.5%	46.0%	27.7%	33.8%
ME CNCu 0.025%	38.3%	44.9%	30.0%	35.9%
ME CNCu 0.05%	38.8%	45.3%	27.4%	33.4%
ME CNCu 0.075%	38.0%	44.6%	30.1%	35.9%
ME CNCu 0.1%	40.0%	46.4%	30.7%	36.5%

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

f. Comparación por Elasticidad Óptima y Curva de Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> vs 280 kg/cm<sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO		
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 – E.060)		
RESISTENCIA ÓPTIMA	28 días	
	ME CP	ME CNCu 0.05%
f <sub>c</sub> : 210 kg/cm <sup>2</sup>	181094.37 kg/cm <sup>2</sup>	183414.48 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c</sub> : 280 kg/cm <sup>2</sup>	238302.86 kg/cm <sup>2</sup>	239515.72 kg/cm <sup>2</sup>

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (ASTM C469 - E.060)				
MUESTRAS	7 días	14 días	21 días	28 días
	Promedio 01	Promedio 02	Promedio 03	Promedio 04
ME Concreto Patrón 21MPa	83424.35 kg/cm <sup>2</sup>	126244.25 kg/cm <sup>2</sup>	146724.50 kg/cm <sup>2</sup>	181094.37 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.025% 21MPa	83319.60 kg/cm <sup>2</sup>	133446.12 kg/cm <sup>2</sup>	146434.96 kg/cm <sup>2</sup>	184794.12 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.05% 21MPa	85901.85 kg/cm <sup>2</sup>	130193.34 kg/cm <sup>2</sup>	152595.01 kg/cm <sup>2</sup>	183414.48 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.075% 21MPa	83589.74 kg/cm <sup>2</sup>	125493.99 kg/cm <sup>2</sup>	141947.80 kg/cm <sup>2</sup>	185758.30 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.1% 21MPa	82745.82 kg/cm <sup>2</sup>	123231.12 kg/cm <sup>2</sup>	140726.94 kg/cm <sup>2</sup>	179637.66 kg/cm <sup>2</sup>
ME Concreto Patrón 28 MPa	115942.17 kg/cm <sup>2</sup>	155581.99 kg/cm <sup>2</sup>	185167.37 kg/cm <sup>2</sup>	238302.86 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.025% 28 MPa	119747.04 kg/cm <sup>2</sup>	151932.07 kg/cm <sup>2</sup>	189472.49 kg/cm <sup>2</sup>	230786.25 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.05% 28 MPa	121486.12 kg/cm <sup>2</sup>	157575.27 kg/cm <sup>2</sup>	188609.92 kg/cm <sup>2</sup>	239515.72 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.075% 28 MPa	115874.95 kg/cm <sup>2</sup>	154163.60 kg/cm <sup>2</sup>	181609.49 kg/cm <sup>2</sup>	230567.09 kg/cm <sup>2</sup>
ME CNCu 0.1% 28 MPa	112531.20 kg/cm <sup>2</sup>	151035.03 kg/cm <sup>2</sup>	182711.70 kg/cm <sup>2</sup>	228350.12 kg/cm <sup>2</sup>



Universidad  
**Señor de Sipán**

Km 5 Carretera a Pimentel

Chiclayo, Perú

Teléfono (074) 481610

---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO

Ensayos Mecánicos para el Concreto en Estado Endurecido

---

**Ítem 03:** Análisis Gráfico

Observaciones:

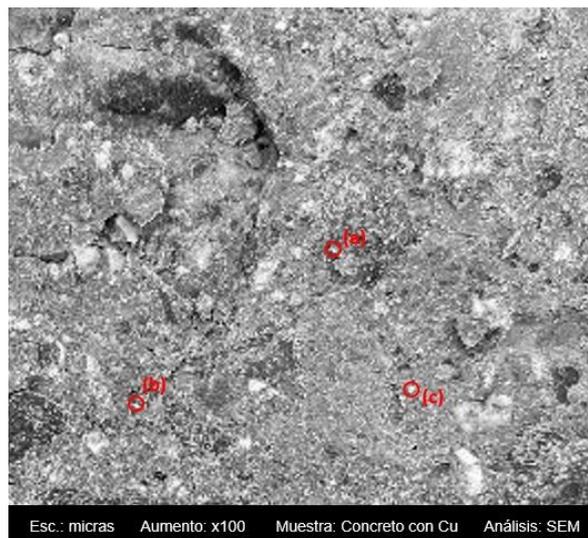
- Muestreo, análisis y realización del ensayo en el LEMC - USS
- El análisis gráfico se plasmó en los resultados de la investigación

  
**USS** | Universidad  
Señor de Sipán  
**Wilson Olaya Aguilar**  
COORDINADOR DE LABORATORIO / TALLERES  
ESC INGENIERÍA CIVIL

### Anexo 8.3.9. Propiedades Microestructurales

#### ANÁLISIS DE MICROSCOPIA SEM

Este análisis describe la composición y morfología de un compuesto, por lo que ilustra la cristalografía interna, lo que se traduce en un análisis microscópico que debe estar dispuesto de manera que se observen e identifiquen los materiales iniciales de trabajo, es por ello que para la muestra tomada se observaron dentro de los cristales propios del concreto, cristales nano particulares de Cu, estos se encuentran dispersos a manera de esferas definidas que denotan una cohesión en estado endurecido. De esta manera el análisis SEM de la muestra al 0.05% de NPMCu. (a), (b) y (c) hace alusión a las partículas de Cu presentes en la mezcla de concreto, demostrando entonces que si se incorporan de manera molecular con este.



#### ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN XRD

Las muestras de residuos sólidos fueron estudiadas en laboratorio por medio de la difracción de rayos X, en donde se obtuvieron componentes químicos característicos del CP como el Óxido Cálculo ( $\text{CaO}$ ) en un 58.4%, el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) en un 14.2%, la anortita ( $\text{Ca-Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) en un 7.57%, la portlandita ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en un 2.3%, la cristobalita ( $\text{SiO}$ ) en un 1.32% y un 16.2% de materiales cristalinos amorfos, ahora en el caso CNCu al 0.05% se observó la misma composición, pero con Cu en un porcentaje  $>1\%$ .

Tabla XRD

Descripción de Componentes

<b>ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN XRD</b>	
Compuesto Químico	% de Presencia
Óxido Cálculo (CaO)	58.4%
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	14.2%
Anortita (Ca-Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	7.57%
Portlandita (Ca (OH) <sub>2</sub> )	2.3%
Cristobalita (SiO)	1.32%
Amorfos	16.2%
Cobre (Cu)	>1%

## Anexo IX. Certificados de Calibración de Instrumentos de Laboratorio



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-071-2022

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 132228870

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 9,5 mm (3/8")

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18,9 °C / 70%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18,9 °C / 70%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-09	 Gladys Teller Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JOSE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 9,5 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	9,504	$9,5 \pm 0,265$
Abertura individual máxima resultante X	9,580	10,11
Desviación estándar máxima	0,056	0,211

Incertidumbre expandida: 15,9  $\mu$ m para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 2,24 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	2,32	1,9	2,6

Incertidumbre expandida: 4,2  $\mu$ m para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CCT-079-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Circunvalación s/n, Mz.B Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa, Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : No indica

Número de serie : 0960

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 4,75 mm (Nº4)

Procedencia : Colombia

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18,7 °C / 70%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18,7 °C / 70%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-09

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-12	 Vladimiro Tello Torres TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 4,75 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	4,729	4,75 ± 0,135
Abertura individual máxima resultante X	4,864	5,12
Desviación estándar máxima	0,055	0,118

Incertidumbre expandida: 19,5 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 1,60 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	1,54	1,3	1,9

Incertidumbre expandida: 6,3 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-046-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 124417573

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 2,36 mm (Nº8)

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,1 °C / 68%

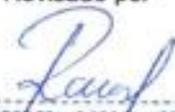
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,1 °C / 68%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-06

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARPA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 2,36 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 40

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	2,363	2,36 ± 0,069
Abertura individual máxima resultante X	2,413	2,59
Desviación estándar máxima	0,024	0,071

Incertidumbre expandida: 6,6 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 1,00 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	1,01	0,85	1,15

Incertidumbre expandida: 9,9 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-039-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL, Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 125226805

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 1,18 mm (N°16)

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,1 °C / 69%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,2 °C / 69%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-08

  
Vladimir Pilla  
TECNICO DE LABORATORIO  
FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 84298

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 1,18 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 80

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	1,185	1,18 ± 0,036
Abertura individual máxima resultante X	1,224	1,32
Desviación estándar máxima	0,024	0,045

Incertidumbre expandida: 4,5 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 0,63 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	0,61	0,54	0,72

Incertidumbre expandida: 3,9 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-030-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 1237156

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 600  $\mu\text{m}$  (N° 30)

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18,9 °C / 71%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18,9 °C / 71%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-05

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-07	 Vladimiro Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 INGE FRANCISCO RAMIREZ JARA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 600  $\mu\text{m}$   
 Cantidad de aberturas medidas: 100

	Valor medido ( $\mu\text{m}$ )	Tolerancia ( $\mu\text{m}$ )
Abertura promedio Y	590,2	600 $\pm$ 19
Abertura individual máxima resultante X	598	691
Desviación estándar máxima	5,03	28,06

Incertidumbre expandida: 4,8  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 0,400 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	0,394	0,34	0,46

Incertidumbre expandida: 4,8  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-076-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : No indica

Número de serie : 0924

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 300 µm (Nº 50)

Procedencia : No indica

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,5 °C / 67%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,5 °C / 67%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-09

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-12	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84296

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 300  $\mu\text{m}$   
 Cantidad de aberturas medidas: 160

	Valor medido ( $\mu\text{m}$ )	Tolerancia ( $\mu\text{m}$ )
Abertura promedio Y	299,9	300 $\pm$ 10
Abertura individual máxima resultante X	315	358
Desviación estándar máxima	6,21	18,15

Incertidumbre expandida: 4,8  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 0,200 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	0,208	0,17	0,23

Incertidumbre expandida: 4,8  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-088-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : No indica

Número de serie : 0949

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 150  $\mu$ m (N° 100)

Procedencia : Colombia

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,5 °C / 67%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,6 °C / 67%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-09

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-12

  
Wladimir Tejada Torres  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 150  $\mu\text{m}$   
 Cantidad de aberturas medidas: 200

	Valor medido ( $\mu\text{m}$ )	Tolerancia ( $\mu\text{m}$ )
Abertura promedio Y	150,3	150 $\pm$ 6,0
Abertura individual máxima resultante X	159	188
Desviación estándar máxima	5,98	11,86

Incertidumbre expandida: 4,7  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 0,100 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	0,100	0,085	0,115

Incertidumbre expandida: 4,7  $\mu\text{m}$  para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-066-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 132517929

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 50 mm (2")

Procedencia : No indica

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,3 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,4 °C / 68%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-09	 Vladimir Torre TECNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del OIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 50 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: Todas

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	49,936	50 ± 1,34
Abertura individual máxima resultante X	50,072	52,06
Desviación estándar máxima	0,129	No aplica

Incertidumbre expandida: 45,6 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 5,00 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	4,89	4,3	5,8

Incertidumbre expandida: 9,1 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-091-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : No indica

Número de serie : 0962

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 37,5 mm (1 1/2")

Procedencia : Colombia

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,3 °C / 67%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,3 °C / 67%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-12

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-13	 Vladimir Tello Torre JEFE DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 37,5 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: Todas

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	37,759	$37,5 \pm 1,01$
Abertura individual máxima resultante X	38,350	39,17
Desviación estándar máxima	0,266	No aplica

Incertidumbre expandida: 95,0  $\mu$ m para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 4,50 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	3,98	3,8	5,2

Incertidumbre expandida: 9,4  $\mu$ m para K = 2

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-064-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 130521862

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 25 mm (1")

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,2 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,2 °C / 69%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-09	 Vladimiro Torre TECNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 25 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: Todas

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	25,141	25 ± 0,682
Abertura individual máxima resultante X	25,340	26,24
Desviación estándar máxima	0,229	No aplica

Incertidumbre expandida: 79,8 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 3,55 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	3,73	3	4,1

Incertidumbre expandida: 13,7 µm para K = 2

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-068-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 124722733

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 19 mm (3/4")

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,1 °C / 69%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,0 °C / 69%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-09

  
Vladimir Tello Torre  
TECNICO DE LABORATORIO



  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 64286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 19 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	19,008	19 ± 0,522
Abertura individual máxima resultante X	19,190	20,01
Desviación estándar máxima	0,113	0,393

Incertidumbre expandida: 37,7 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 3,15 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	3,39	2,7	3,6

Incertidumbre expandida: 12,6 µm para K = 2

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION  
CCT-062-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 130329741

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 12,5 mm (1/2")

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,5 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,6 °C / 67%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-08

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-09

  
Vladimir Tello Torre  
JEFE UNICO DE LABORATORIO  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CIP N° 64286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 12,5 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	12,549	12,5 ± 0,346
Abertura individual máxima resultante X	12,761	13,25
Desviación estándar máxima	0,107	0,268

Incertidumbre expandida: 37,2 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 2,50 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	2,70	2,1	2,9

Incertidumbre expandida: 17,3 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-061-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 132228872

Código de identificación : No Indica

Abertura de Tamiz : 9,5 mm (3/8")

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,6 °C / 67%

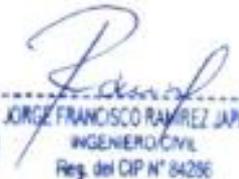
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,7 °C / 67%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-07

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-09	 Gladys Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84296

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 9,5 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	9,473	$9,5 \pm 0,265$
Abertura individual máxima resultante X	9,593	10,11
Desviación estándar máxima	0,074	0,211

Incertidumbre expandida: 24,6  $\mu$ m para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 2,24 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	2,37	1,9	2,6

Incertidumbre expandida: 12,0  $\mu$ m para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCT-045-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1  
Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.

Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8° diámetro

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Número de serie : 07009

Código de identificación : No indica

Abertura de Tamiz : 4,75 mm (N°4)

Procedencia : USA

Método de calibración : La calibración se realizó por el método de comparación directa,  
tomando como referencia la norma ASTM E11-17

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,1 °C / 69%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,1 °C / 68%

Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, con N° de serie C00190710  
y certificado de calibración N° FS-0179-2022. Trazabilidad FESEPSA.  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones  
nacionales y en concordancia con el sistema internacional de unidades de  
medida (SI).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-09-06

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Madim Tullio Torre TECNICO DE LABORATORIO	 SANJE FRANCISCO RAMIREZ JAPALA INGENIERO CIVIL Reg. del CUP N° 84286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**Calibración de la abertura**

Abertura Nominal: 4,75 mm  
 Cantidad de aberturas medidas: 30

	Valor medido (mm)	Tolerancia (mm)
Abertura promedio Y	4,762	4,75 ± 0,135
Abertura individual máxima resultante X	4,808	5,12
Desviación estándar máxima	0,025	0,118

Incertidumbre expandida: 8,0 µm para K = 2

**Calibración del alambre**

Diámetro Nominal: 1,60 mm

	Valor medido (mm)	Tolerancia	
		Mínimo permitido (mm)	Máximo permitido (mm)
Diámetro del alambre	1,59	1,3	1,9

Incertidumbre expandida: 2,9 µm para K = 2

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



## Anexo 9.2. Certificado de Calibración de Balanzas

### Anexo 9.2.1. Balanzas Mecánicas



#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCB-037-2022

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto, USS  
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Clase : III

Número de serie : No indica Tipo : Mecánica

Modelo : TRIPLE BEAM Procedencia : Polonia

Capacidad máxima : 2610 g

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,9 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20,0 °C / 68%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificado de calibración N° M-0293-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimiro Toledo Torre TECNÓLOGO LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARPA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 8428

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**INSPECCIÓN VISUAL**

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	Si
Cursor	Si
Nivelación	No

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	19,9	19,9		68	68

Medición N°	Carga L1 = 1300 g			Carga L2 = 2610 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1300,2	0,00	0,70	2608,2	0,00	-1,30
2	1300,2	0,00	0,70	2608,2	0,00	-1,30
3	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
4	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
5	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
6	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
7	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
8	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
9	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30
10	1300,1	0,00	0,60	2608,2	0,00	-1,30

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

<table border="1"><tr><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>5</td><td>4</td><td></td></tr></table>	2	1	3	5	4		Posición de las cargas	T. (°C)	<table border="1"><tr><td>Inicial</td><td>Final</td></tr><tr><td>19,9</td><td>19,9</td></tr></table>	Inicial	Final	19,9	19,9	H. R. (%)	<table border="1"><tr><td>Inicial</td><td>Final</td></tr><tr><td>68</td><td>68</td></tr></table>	Inicial	Final	68	68
2	1	3																	
5	4																		
Inicial	Final																		
19,9	19,9																		
Inicial	Final																		
68	68																		

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10,0	0,00	0,50	1000,0	999,4	0,00	-0,10	-0,60
2	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	997,8	0,00	-1,70	-2,10
3	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	997,5	0,00	-2,00	-2,40
4	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	999,3	0,00	-0,20	-0,60
5	10,0	9,9	0,00	0,40	1000,0	999,2	0,00	-0,30	-0,70

\* valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$



**ENSAYO DE PESAJE**

T. (°C)	Inicial	Final
	20,0	19,9

H. R. (%)	Inicial	Final
	68	68

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10,0	0,00	0,50	(*)					
50,0	50,0	0,00	0,50	0,00	49,9	0,00	0,40	-0,10	1,00
100,0	100,0	0,00	0,50	0,00	99,4	0,00	-0,10	-0,60	1,00
200,0	200,0	0,00	0,50	0,00	199,2	0,00	-0,30	-0,80	1,00
400,0	399,9	0,00	0,40	-0,10	399,5	0,00	0,00	-0,50	1,00
600,0	599,9	0,00	0,40	-0,10	599,7	0,00	0,20	-0,30	2,00
800,0	799,9	0,00	0,40	-0,10	799,5	0,00	0,00	-0,50	2,00
1000,0	999,3	0,00	-0,20	-0,70	998,9	0,00	-0,60	-1,10	2,00
1500,0	1499,1	0,00	-0,40	-0,90	1498,1	0,00	-1,40	-1,90	2,00
2000,0	1999,0	0,00	-0,50	-1,00	1998,1	0,00	-1,40	-1,90	2,00
2610,0	2608,2	0,00	-1,30	-1,80	2608,2	0,00	-1,30	-1,80	3,00

(\*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

E.M.P.\* = Error máximo permisible

<b>INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN</b>	$U = 0,078g + (0,000044)l$
-------------------------------------	----------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

**Incetidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCB-038-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS  
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Modelo : Heavy Duty

Número de serie : 1119-DO Clase : III

Código USS : No indica Tipo : Mecánica

Capacidad máxima : 20000 g Procedencia : USA

División de escala (d) : 1 g

División de verificación (e) : 10 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20,2 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20,1 °C / 69%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-09-01

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-08

  
Vladimir Rillo Torre  
TECNICO DE LABORATORIO



  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAFRA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del CP N° 84296

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**INSPECCIÓN VISUAL**

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	Si
Cursor	Si
Nivelación	No

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	20,2	20,2		68	68

Medición N°	Carga L1 = 10000 g			Carga L2 = 20000 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
2	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
3	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
4	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
5	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
6	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
7	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
8	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
9	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0
10	10002	0,0	7,0	20005	0,0	10,0

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>2</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>4</td></tr> </table> Posición de las cargas	2	1	3	5		4	T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
2	1	3										
5		4										
	20,2	20,2	68	68								

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	100	100	0,0	5,0	10000	10004	0,0	9,0	4,0
2	100	100	0,0	5,0	10000	10002	0,0	7,0	2,0
3	100	100	0,0	5,0	10000	10014	0,0	19,0	14,0
4	100	100	0,0	5,0	10000	10001	0,0	6,0	1,0
5	100	100	0,0	5,0	10000	10000	0,0	5,0	0,0

\* valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



**ENSAYO DE PESAJE**

T. (°C)	Inicial	Final
	20,1	20,2

H. R. (%)	Inicial	Final
	69	68

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0,0	5,0	(*)					
200	200	0,0	5,0	0,0	200	0,0	5,0	0,0	10,0
500	500	0,0	5,0	0,0	500	0,0	5,0	0,0	10,0
1000	1000	0,0	5,0	0,0	1000	0,0	5,0	0,0	10,0
2000	2000	0,0	5,0	0,0	2000	0,0	5,0	0,0	10,0
4000	3999	0,0	4,0	-1,0	4002	0,0	7,0	2,0	10,0
6000	6001	0,0	6,0	1,0	6000	0,0	5,0	0,0	20,0
8000	8002	0,0	7,0	2,0	8000	0,0	5,0	0,0	20,0
10000	10004	0,0	9,0	4,0	10004	0,0	9,0	4,0	20,0
15000	15004	0,0	9,0	4,0	15001	0,0	6,0	1,0	20,0
20000	20005	0,0	10,0	5,0	20005	0,0	10,0	5,0	20,0

(\*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.\* = Error máximo permisible

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

$$U = 0,082g + (0,000066)I$$

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



## Anexo 9.2.2. Balanzas Electrónicas y Digitales.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCB-036-2022

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS  
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Modelo : T21P

Número de serie : 8033090302 Clase : III

Código USS : 101179594 Tipo : Electrónica

Capacidad máxima : 150 kg Procedencia : China

División de escala (d) : 0,005 kg

División de verificación (e) : 0,050 kg

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición Usando pesas de sustitución.

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,5 °C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,4 °C / 67%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021. Con trazabilidad METROIL.

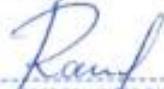
Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Toledo-Torre TECNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 54286

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**INSPECCIÓN VISUAL**

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	19,5	19,5		68	68

Medición N°	Carga L1 = 75,00 kg			Carga L2 = 150,00 kg		
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
1	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
2	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
3	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
4	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
5	75,010	0,006	0,029	150,005	0,008	0,022
6	75,010	0,006	0,029	150,005	0,008	0,022
7	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
8	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
9	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022
10	75,005	0,006	0,024	150,005	0,008	0,022

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

2	1	3
5	4	

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	19,4	19,5		68	68

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)
1	0,500	0,500	0,004	0,021	50,000	50,005	0,006	0,009	-0,012
2	0,500	0,500	0,004	0,021	50,000	50,015	0,006	0,019	-0,002
3	0,500	0,500	0,004	0,021	50,000	50,025	0,006	0,029	0,008
4	0,500	0,500	0,004	0,021	50,000	50,005	0,006	0,009	-0,012
5	0,500	0,500	0,004	0,021	50,000	50,000	0,006	0,004	-0,017

\* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



CCG-036-2022

**ENSAYO DE PESAJE**

T. (°C)	Inicial	Final
	19,4	19,4

H. R. (%)	Inicial	Final
	67	68

Carga L (kg)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
0,500	0,500	0,004	0,021	(*)					
1,000	1,000	0,005	0,020	-0,001	1,000	0,005	0,020	-0,001	0,1
5,000	5,000	0,005	0,020	-0,001	5,000	0,005	0,020	-0,001	0,1
10,000	10,000	0,006	0,019	-0,002	10,000	0,006	0,019	-0,002	0,1
20,000	20,000	0,006	0,019	-0,002	20,000	0,006	0,019	-0,002	0,1
40,000	40,000	0,006	0,019	-0,002	40,000	0,006	0,019	-0,002	0,1
60,000	60,000	0,006	0,019	-0,002	60,000	0,006	0,019	-0,002	0,2
80,000	80,005	0,007	0,023	0,002	80,005	0,007	0,023	0,002	0,2
100,000	100,000	0,007	0,018	-0,003	100,000	0,007	0,018	-0,003	0,2
120,000	120,000	0,008	0,017	-0,004	120,005	0,008	0,022	0,001	0,2
150,000	150,005	0,008	0,022	0,001	150,005	0,008	0,022	0,001	0,2

(\*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.\* = Error máximo permisible

<b>INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN</b>	$U = 0,0017\text{kg} + (0,000078)I$
-------------------------------------	-------------------------------------

 I = Indicación de la balanza  
 Eo = Error en cero

 E = Error de la balanza  
 Ec = Error corregido

**Incetidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CCB-042-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos. USS  
Km. 5 - Carretera a Pimentel - Chiclayo.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automatico

Marca : AND

Número de serie : P1855442 Clase : II

Modelo : EK-610i Tipo : Digital

Capacidad máxima : 600 g Procedencia : Korea

División de escala (d) : 0,01 g

División de verificación (e) : 0,1 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automatico clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,5 °C / 71%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,4 °C / 71%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas clase F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 01 pesa clase F1 de 100 mg con certificado de calibración N° M-0302-2021, 02 pesas clase F1 de 200 mg con certificado de calibración N° M-0303-2021, M-0304-2021 y 01 pesa clase F1 de 500 mg certificado de calibración N° M-0305-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-09-01

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-08

  
Vladimir Tello Torre  
TECNICO DE LABORATORIO



  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del O.P. N° 64206

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**INSPECCIÓN VISUAL**

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

T. (°C)	Inicial	Final
	19,5	19,5

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Medición N°	Carga L1 = 300 g			Carga L2 = 600 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
2	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
3	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
4	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
5	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
6	300,00	0,005	0,000	600,00	0,008	-0,003
7	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
8	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
9	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,007
10	300,00	0,005	0,000	600,01	0,008	0,01

$$E = l + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

3	1	4
2		5

Posición de las cargas

T. (°C)	Inicial	Final
	19,5	19,5

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
2	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
3	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
4	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001
5	1,00	1,00	0,004	0,001	200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001

\* valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



**ENSAYO DE PESAJE**

T. (°C)	Inicial	Final
	19,4	19,5

H. R. (%)	Inicial	Final
	71	71

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	$\Delta L$ (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,00	0,004	0,001	(*)					
5,00	5,00	0,004	0,001	0,000	5,00	0,004	0,001	0,000	0,10
10,00	10,00	0,005	0,000	-0,001	10,00	0,004	0,001	0,000	0,10
20,00	20,00	0,005	0,000	-0,001	20,00	0,004	0,001	0,000	0,10
50,00	50,00	0,005	0,000	-0,001	50,00	0,005	0,000	-0,001	0,10
100,00	99,99	0,005	-0,010	-0,011	100,01	0,005	0,010	0,009	0,10
200,00	200,00	0,005	0,000	-0,001	200,01	0,005	0,010	0,009	0,10
300,00	300,00	0,005	0,000	-0,001	300,01	0,006	0,009	0,008	0,10
400,00	400,00	0,006	-0,001	-0,002	400,01	0,006	0,009	0,008	0,10
500,00	500,01	0,007	0,008	0,007	500,02	0,007	0,018	0,017	0,10
600,00	600,02	0,008	0,017	0,016	600,02	0,008	0,017	0,016	0,20

(\*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} d - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

E.M.P.\* = Error máximo permisible

<b>INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN</b>	$U = 0,0016g + (0,000051)I$
-------------------------------------	-----------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.





**RESULTADOS DE MEDICIÓN**
**INSPECCIÓN VISUAL**

Ajuste a cero	Si
Oscilación Libre	Si
Plataforma	Si
Sistema de Traba	No

Escala	No
Cursor	No
Nivelación	Si

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

T. (°C)	Inicial	Final	H. R. (%)	Inicial	Final
	20,0	20,1		69	69

Medición N°	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
2	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
3	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
4	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
5	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
6	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
7	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
8	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
9	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5
10	15000	0,5	4,5	30000	0,5	4,5

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

<table border="1"><tr><td>3</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>5</td></tr></table>	3	1	4	2		5	Posición de las cargas	T. (°C)	<table border="1"><tr><td>Inicial</td><td>Final</td></tr><tr><td>20,0</td><td>20,0</td></tr></table>	Inicial	Final	20,0	20,0	H. R. (%)	<table border="1"><tr><td>Inicial</td><td>Final</td></tr><tr><td>69</td><td>69</td></tr></table>	Inicial	Final	69	69
3	1	4																	
2		5																	
Inicial	Final																		
20,0	20,0																		
Inicial	Final																		
69	69																		

Posición de carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	carga en cero* (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	100	100	0,3	4,7	10000	9999	0,5	3,5	-1,2
2	100	100	0,3	4,7	10000	10000	0,5	4,5	-0,2
3	100	100	0,3	4,7	10000	10000	0,5	4,5	-0,2
4	100	100	0,3	4,7	10000	10000	0,5	4,5	-0,2
5	100	100	0,3	4,7	10000	9999	0,5	3,5	-1,2

\* valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$



**ENSAYO DE PESAJE**

T. (°C)	Inicial	Final
	20,0	20,0

H. R. (%)	Inicial	Final
	69	69

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				E.M.P.* (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	0,3	4,7	(*)					
200	200	0,3	4,7	0,0	200	0,3	4,7	0,0	10,0
500	500	0,4	4,6	-0,1	500	0,4	4,6	-0,1	10,0
1000	1000	0,4	4,6	-0,1	1000	0,4	4,6	-0,1	10,0
2000	2000	0,4	4,6	-0,1	2000	0,4	4,6	-0,1	10,0
5000	5000	0,5	4,5	-0,2	4999	0,5	3,5	-1,2	10,0
10000	10000	0,5	4,5	-0,2	10000	0,5	4,5	-0,2	20,0
15000	15000	0,5	4,5	-0,2	15000	0,5	4,5	-0,2	20,0
20000	20000	0,5	4,5	-0,2	20000	0,5	4,5	-0,2	20,0
25000	25000	0,5	4,5	-0,2	25000	0,5	4,5	-0,2	30,0
30000	30000	0,5	4,5	-0,2	30000	0,5	4,5	-0,2	30,0

(\*) Carga para determinar Eo

$$E = I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

E.M.P.\* = Error máximo permisible

<b>INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN</b>	$U = 0,0020g + (0,0000058)I$
-------------------------------------	------------------------------

I = Indicación de la balanza

E = Error de la balanza

Eo = Error en cero

Ec = Error corregido

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que este expuesto.



## Anexo 9.1. Equipo de Rotura y Procesado de Materiales.

### Anexo 9.1.1. Prensa Hidráulica.



#### INFORME TÉCNICO 134-22

A : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.  
De : Ing. Vladimir Tello - Asesor Técnico - CELDA EIRL.  
Asunto: Mantenimiento de prensa de concreto, marca ELE-INTERNATIONAL, Modelo ADR 1500, N° de Serie 1796-8-1944, de 1500 kN. de capacidad, Código 101100813, Ubicado en Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS - Km. 5. Carretera a Pimentel - Chiclayo, realizado el 31 de agosto del 2022.  
Fecha : 08 de Setiembre del 2022.

Estimados Señores; respecto al mantenimiento realizado al equipo arriba descrito tengo a bien informar lo siguiente:

1.- El equipo se encontraba en buen estado de funcionamiento, se procedió al mantenimiento que incluye:

- Desarmado de las partes eléctricas e hidráulica.
- Limpieza de las partes.
- Evaluación de componentes.
- Ajuste de las conexiones hidráulicas.
- Cambio de aceite.
- Mantenimiento general del motor eléctrico.
- Armado del equipo.
- Pruebas de funcionamiento

2.- Cuando se sometió el equipo a pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de éste, así como verificar la calibración de este, se observó que las lecturas indicadas por el equipo no eran similares al del patrón utilizado, por lo que se realizó ajuste antes de la calibración.

3.- El equipo se encuentra operativo.

Atentamente;



Ing. Vladimir Tello  
Asesor Técnico  
CELDA EIRL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CMC-075-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.

Atención : Wilson Olaya Aguilar

Lugar de calibración : Laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto. USS.  
Km. 5. Carretera a Pimentel - Chiclayo

Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica digital

Capacidad del equipo : 1500 kN (336,600 lbf ó 153 TN)

División de escala : 0,1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : ADR 1500

Nº de serie : 1796-8-1944

Panel digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL Nº de serie 1887-1-00318

Código USS. : 101100813 Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20,0°C / 68%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20,0°C / 68%

Patrón de referencia : Patrón utilizado Morehouse, Nº de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte Nº C-8517L1820 con Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello

Fecha

Hecho por

Revisado por



2022-09-08

  
Vladimiro Torres  
TECNICO DE LABORATORIO



  
JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del OP Nº 84256

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)	(kN)	(%)	K=2 U (%)
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
7	100	99,41	99,61	99,76	99,59	0,4	0,1
13	200	199,73	200,07	200,02	199,94	0,0	0,1
20	300	300,10	299,83	299,99	299,97	0,0	0,1
27	400	400,09	400,21	400,24	400,18	0,0	0,1
33	500	500,17	500,34	500,59	500,37	-0,1	0,1
40	600	599,97	600,65	600,13	600,25	0,0	0,1
53	800	799,82	800,41	800,88	800,37	0,0	0,1
67	1000	1001,72	1001,92	1002,37	1002,00	-0,2	0,1
80	1200	1200,98	1201,19	1202,00	1201,39	-0,1	0,1
100	1500	1501,84	1501,75	1502,72	1502,10	-0,1	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$  y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



Anexo 9.1.2. Horno de Secado de Muestras.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CMI-006-2022**

Peticionario : UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.  
Atención : Wilson Olaya Aguilar  
Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos, USS.  
Km. 5. Carretera a Pimentel - Chiclayo  
Tipo de instrumento : Horno de secado para muestras  
Marca : Pinzuar  
Nº de serie : 83433  
Modelo : No indica  
Código USS : 83433  
Tipo de Indicación : Indicación analógica  
Método de calibración : Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático PC 018 - Indecopi; 2º Edición.  
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 22,1 °C / 71%  
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 22,1 °C / 71%  
Patrones de referencia : Patrón utilizado Thermometer mit PT-100, marca MBW Calibration AG, modelo T12, N° de serie 19-0728, certificado de calibración 3000MBW2021 con trazabilidad SWISS CALIBRATION.  
Número de páginas : 4  
Fecha de calibración : 2022-09-01

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-08	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJAJA INGENIERO CIVIL Reg. 361 QP N° 84288

Tiempo (min)	Indicador (°C)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	T máx. - T mín. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110	111,2	112,6	113,5	112,4	111,3	110,0	109,2	110,1	109,9	108,4	110,9	5,2
2	110	112,2	113,2	114,1	113,4	112,3	111,1	110,0	111,2	110,9	109,5	111,8	4,6
4	110	113,1	113,8	114,6	114,3	113,2	112,2	111,2	112,1	111,8	110,5	112,7	4,1
6	110	114,1	114,1	114,6	114,3	114,1	113,1	112,0	113,2	112,7	111,4	113,4	3,2
8	110	114,3	114,5	114,7	114,6	114,5	114,0	112,8	113,9	113,5	112,3	113,9	2,4
10	110	114,5	114,6	114,7	114,6	114,6	114,1	112,9	113,8	113,8	112,6	114,0	2,1
12	110	114,5	114,6	114,6	114,3	114,6	113,5	112,4	113,1	113,4	112,3	113,7	2,3
14	110	114,3	114,2	114,2	114,4	114,0	112,3	111,3	112,0	112,5	111,4	113,1	3,1
16	110	113,3	113,7	114,0	114,2	113,9	111,0	110,7	111,1	111,2	110,2	112,3	4,0
18	110	111,9	113,1	113,5	112,8	112,8	109,3	109,7	109,7	109,6	108,8	111,1	4,7
20	110	110,4	111,5	112,8	111,2	111,3	107,4	108,2	108,0	108,1	107,4	109,6	5,4
22	110	108,8	110,0	111,1	109,5	109,7	107,5	108,6	108,1	108,5	107,8	109,0	3,6
24	110	107,3	108,5	109,3	107,9	108,2	107,7	107,0	106,4	107,0	106,3	107,6	3,0
26	110	106,2	107,4	108,1	106,6	106,9	107,6	107,0	106,6	106,8	106,6	107,0	1,9
28	110	105,5	106,9	107,5	105,9	106,1	107,0	106,5	106,3	106,3	105,8	106,4	2,0
30	110	105,5	106,9	107,4	105,8	105,9	107,2	106,3	106,4	106,3	105,6	106,3	1,9
32	110	105,6	107,3	107,8	106,1	106,0	107,9	106,6	106,9	106,7	105,8	106,7	2,3
34	110	106,1	108,0	108,5	106,6	106,4	108,9	107,0	107,6	107,3	106,3	107,3	2,8
36	110	106,8	108,8	109,4	107,4	107,1	110,0	107,8	107,2	108,2	107,0	108,0	3,2
38	110	107,7	109,8	110,4	108,3	107,9	111,0	107,8	108,2	109,3	107,7	108,8	3,3
40	110	108,7	110,8	111,5	109,3	108,8	111,3	108,8	109,1	109,6	107,7	109,6	3,8
42	110	109,6	111,7	112,4	110,3	109,7	112,4	109,7	110,3	110,8	108,6	110,6	3,8
44	110	110,6	112,6	112,6	111,4	110,0	111,5	108,7	109,3	110,0	107,6	110,4	5,0
46	110	111,6	112,8	113,7	112,4	111,6	112,5	109,7	110,3	111,0	108,6	111,4	5,1
48	110	112,5	113,5	114,6	113,4	112,6	113,5	110,4	111,3	111,9	109,7	112,3	4,9
50	110	112,8	114,0	114,6	113,4	113,5	112,5	111,6	112,4	112,7	110,6	112,8	4,0
52	110	113,4	114,5	114,7	114,4	114,5	113,5	112,4	113,2	113,6	111,6	113,6	3,1
54	110	114,0	114,6	114,7	114,3	114,4	114,4	113,6	114,1	114,4	112,4	114,1	2,3
56	110	114,2	114,6	114,2	114,6	114,0	114,6	113,9	114,5	114,8	113,1	114,3	1,7
58	110	114,2	114,6	114,0	114,6	114,1	114,3	113,2	113,8	114,5	113,2	114,1	1,4
60	110	114,0	114,5	113,5	114,2	113,9	113,5	112,8	113,2	113,7	112,4	113,6	2,1
T.PROM	110	110,9	112,0	112,4	111,5	111,2	111,2	110,0	110,4	110,7	109,3	111,0	
T.MAX	110	114,5	114,8	114,7	114,6	114,6	114,6	113,9	114,5	114,8	113,2		
T.MIN	110	105,5	106,9	107,4	105,8	105,9	107,0	106,3	106,3	106,3	105,6		
DTT	110	9,0	7,7	7,3	8,8	8,7	7,6	7,6	8,2	8,5	7,6		

Temperatura ambiental promedio : 19,0 °C

Tiempo de calibración del equipo : 60 minutos



PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,8	0,3
Mínima Temperatura Medida	105,5	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	9,0	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,1	0,4
Estabilidad Medida (±)	4,50	0,04
Uniformidad Medida	5,4	0,4

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
 T.PROM : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un mismo dato.

T.MAX : Temperatura máxima

T.MIN : Temperatura mínima

DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo

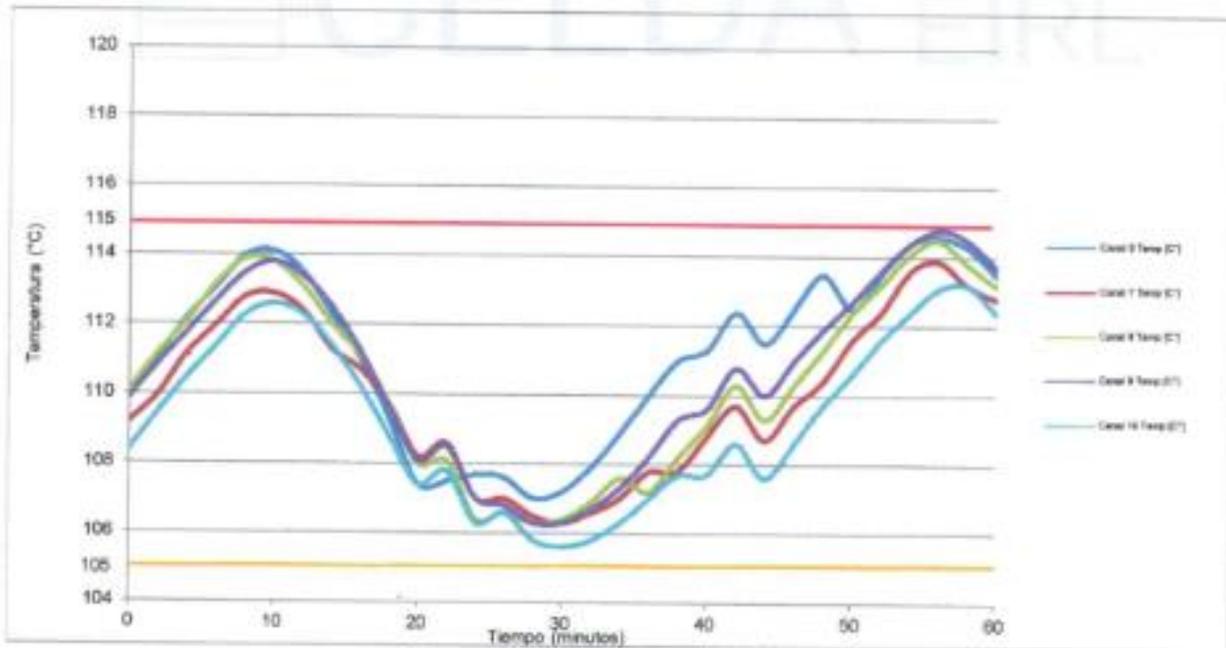
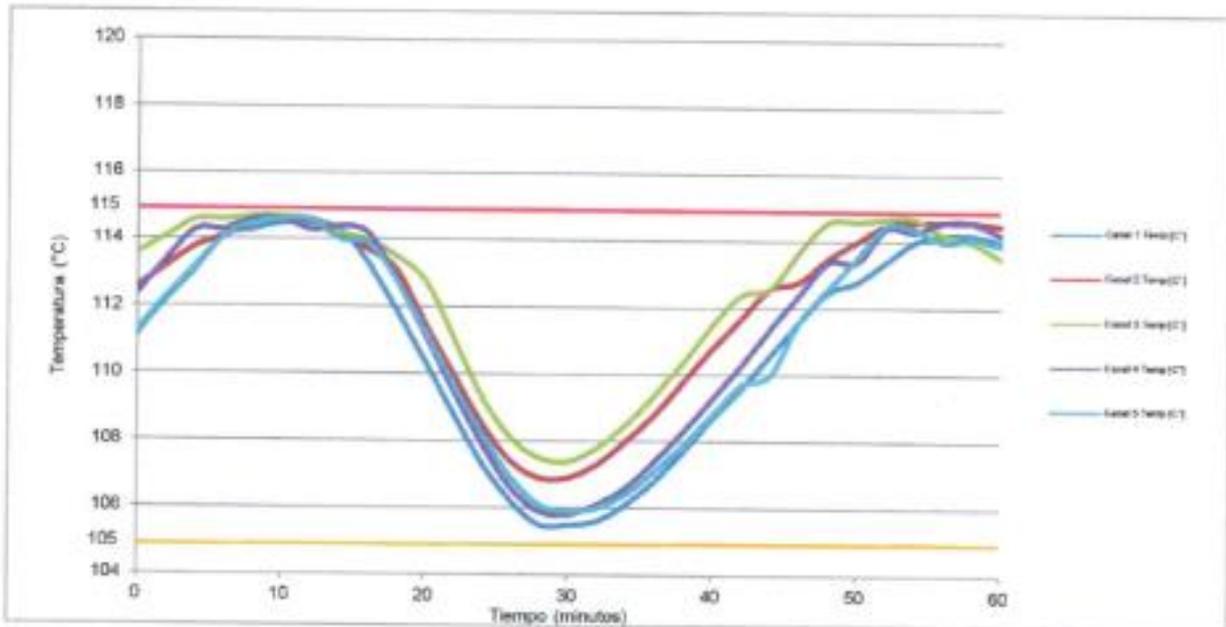
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.



# CELDA EIRL

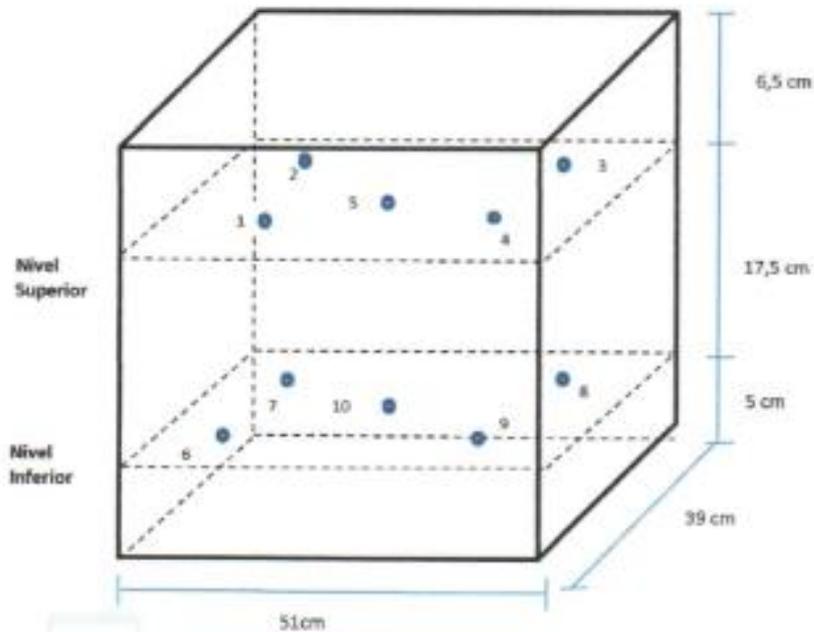
TEMPERATURA DE TRABAJO  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$





# CELDA EIRL

## DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.  
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.  
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 9 cm del frente y fondo de la estufa.

### Fotografía del interior del medio isoterma



## Anexo X. Documentación de Validez y Confiabilidad

### 10.1. Fichas de Validación de Jueces según AIKEN



Colegiatura N° 254774

#### Ficha de Validación según Aiken

##### I. Datos Generales:

<b>Título de la investigación:</b> Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.			
Apellidos y nombres del Informante	Cargo o Institución donde Labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor del Instrumento
Enriquez Acosta Renato Antonio	Ingeniero Inspector de Obras – Municipalidad Provincial de Chiclayo	Ensayos de Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario, Porcentaje de Aire Atrapado, Compresión, Tracción, Flexión, Módulo de Elasticidad	John Antony Sánchez Chicana

##### II. Aspectos de validación de cada ítem:

Estimado profesional, con el fin de validar los instrumentos de estudio, complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento en conjunto. En este sentido, escriba (A) de acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda casilla. Asimismo, si tiene alguna opinión o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	DE ACUERDO
2	A	DE ACUERDO
3	A	DE ACUERDO
4	A	DE ACUERDO
5	A	DE ACUERDO
6	A	DE ACUERDO
7	A	DE ACUERDO
8	A	DE ACUERDO

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez se contenido del instrumento:

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
	<b>Propiedades Físicas</b>								
1	Temperatura	X		X		X		X	
2	Asentamiento	X		X		X		X	
3	Peso Unitario	X		X		X		X	
4	Porcentaje de Aire Atrapado	X		X		X		X	

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
	<b>Propiedades Mecánicas</b>								
5	Resistencia a la Compresión	X		X		X		X	
6	Resistencia a la Tracción	X		X		X		X	
7	Resistencia a la Flexión	X		X		X		X	
8	Módulo de Elasticidad	X		X		X		X	

Observaciones (precise si hay suficiencia):

Sin observaciones

Opinión de Aplicabilidad:

APLICABLE (X); APLICABLE DESPUÉS DE CORREGIR (); NO APLICABLE ()

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Enriquez Acosta Renato Antonio

Carrera Profesional: Ingeniería Civil

Grado Académico: Ingeniero Civil

  
 RENATO ANTONIO ENRIQUEZ ACOSTA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. 254774

Firma del Juez



Colegiatura N° 241297

Ficha de Validación según Aiken

I. Datos Generales:

<b>Título de la investigación:</b> Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.			
Apellidos y nombres del Informante	Cargo o Institución donde Labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor del Instrumento
Castro Montoya Diana Vanesa	Ingeniero Supervisor	Ensayos de Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario, Porcentaje de Aire Atrapado, Compresión, Tracción, Flexión, Módulo de Elasticidad	John Antony Sánchez Chicana

II. Aspectos de validación de cada ítem:

Estimado profesional, con el fin de validar los instrumentos de estudio, complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento en conjunto. En este sentido, escriba (A) de acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda casilla. Asimismo, si tiene alguna opinión o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINION
1	A	DE ACUERDO
2	A	DE ACUERDO
3	A	DE ACUERDO
4	A	DE ACUERDO
5	A	DE ACUERDO
6	A	DE ACUERDO
7	A	DE ACUERDO
8	A	DE ACUERDO

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez se contenido del instrumento:

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
	<b>Propiedades Físicas</b>								
1	Temperatura	X		X		X		X	
2	Asentamiento	X		X		X		X	
3	Peso Unitario	X		X		X		X	
4	Porcentaje de Aire Atrapado	X		X		X		X	

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
	<b>Propiedades Mecánicas</b>								
1	Resistencia a la Compresión	X		X		X		X	
2	Resistencia a la Tracción	X		X		X		X	
3	Resistencia a la Flexión	X		X		X		X	
4	Módulo de Elasticidad	X		X		X		X	

Observaciones (precise si hay suficiencia):

Sin observaciones

Opinión de Aplicabilidad:

APLICABLE (X); APLICABLE DESPUÉS DE CORREGIR (); NO APLICABLE ()

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Castro Montoya Diana Vanesa

Carrera Profesional: Ingeniería Civil

Grado Académico: Ingeniero Civil

  
**DIANA VANESSA CASTRO MONTAYA**  
**INGENIERA CIVIL**  
**REG CIP 241297**

Firma del Juez



Colegiatura N° 336426

Ficha de Validación según Aiken

I. Datos Generales:

<b>Título de la investigación:</b> Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.			
Apellidos y nombres del Informante	Cargo o Institución donde Labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor del Instrumento
Montenegro Seminario Manuel Arturo	Ingeniero Modelador BIM	Ensayos de Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario, Porcentaje de Aire Atrapado, Compresión, Tracción, Flexión, Módulo de Elasticidad	John Antony Sánchez Chicana

II. Aspectos de validación de cada ítem:

Estimado profesional, con el fin de validar los instrumentos de estudio, complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento en conjunto. En este sentido, escriba (A) de acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda casilla. Asimismo, si tiene alguna opinión o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	DE ACUERDO
2	A	DE ACUERDO
3	A	DE ACUERDO
4	A	DE ACUERDO
5	A	DE ACUERDO
6	A	DE ACUERDO
7	A	DE ACUERDO
8	A	DE ACUERDO

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez se contenido del instrumento:

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Temperatura	X		X		X		X	
2	Asentamiento	X		X		X		X	
3	Peso Unitario	X		X		X		X	
4	Porcentaje de Aire Atrapado	X		X		X		X	

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	Resistencia a la Compresión	X		X		X		X	
2	Resistencia a la Tracción	X		X		X		X	
3	Resistencia a la Flexión	X		X		X		X	
4	Módulo de Elasticidad	X		X		X		X	

Observaciones (precise si hay suficiencia):

Sin Observaciones

Opinión de Aplicabilidad:

APLICABLE (X); APLICABLE DESPUÉS DE CORREGIR (); NO APLICABLE ()

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Montenegro Seminario Manuel Arturo

Carrera Profesional: Ingeniería Civil

Grado Académico: Ingeniero Civil



Firma del Juez

REG. CIP.: 336426



Colegiatura N° 332767

Ficha de Validación según Aiken

I. Datos Generales:

<b>Título de la investigación:</b> Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.			
<b>Apellidos y nombres del Informante</b>	<b>Cargo o Institución donde Labora</b>	<b>Nombre del Instrumento de Evaluación</b>	<b>Autor del Instrumento</b>
De La Oliva Costa Gonzalo Enrique	Ingeniero Asistente de Oficina Técnica	Ensayos de Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario, Porcentaje de Aire Atrapado, Compresión, Tracción, Flexión, Módulo de Elasticidad	John Antony Sánchez Chicana

II. Aspectos de validación de cada ítem:

Estimado profesional, con el fin de validar los instrumentos de estudio, complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento en conjunto. En este sentido, escriba (A) de acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda casilla. Asimismo, si tiene alguna opinión o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	DE ACUERDO
2	A	DE ACUERDO
3	A	DE ACUERDO
4	A	DE ACUERDO
5	A	DE ACUERDO
6	A	DE ACUERDO
7	A	DE ACUERDO
8	A	DE ACUERDO

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez se contenido del instrumento:

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1	Temperatura	X		X		X		X	
2	Asentamiento	X		X		X		X	
3	Peso Unitario	X		X		X		X	
4	Porcentaje de Aire Atrapado	X		X		X		X	

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
5	Resistencia a la Compresión	X		X		X		X	
6	Resistencia a la Tracción	X		X		X		X	
7	Resistencia a la Flexión	X		X		X		X	
8	Módulo de Elasticidad	X		X		X		X	

Observaciones (precise si hay suficiencia):

Sin Observaciones

Opinión de Aplicabilidad:

APLICABLE (X); APLICABLE DESPUÉS DE CORREGIR (); NO APLICABLE ()

Apellidos y Nombres del Juez Validador: De La Oliva Costa Gonzalo Enrique

Carrera Profesional: Ingeniería Civil

Grado Académico: Ingeniero Civil



Firma del Juez

REG. CIP.: 332767



Colegiatura N° 246890

Ficha de Validación según Aiken

I. Datos Generales:

<b>Título de la investigación:</b> Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Microestructurales del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre.			
Apellidos y nombres del Informante	Cargo o Institución donde Labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor del Instrumento
Larraín Custodio Roger Fabian	Coordinador de Obras en Corporación Richetti	Ensayos de Temperatura, Asentamiento, Peso Unitario, Porcentaje de Aire Atrapado, Compresión, Tracción, Flexión, Módulo de Elasticidad	John Antony Sánchez Chicana

II. Aspectos de validación de cada ítem:

Estimado profesional, con el fin de validar los instrumentos de estudio, complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento en conjunto. En este sentido, escriba (A) de acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda casilla. Asimismo, si tiene alguna opinión o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINION
1	A	DE ACUERDO
2	A	DE ACUERDO
3	A	DE ACUERDO
4	A	DE ACUERDO
5	A	DE ACUERDO
6	A	DE ACUERDO
7	A	DE ACUERDO
8	A	DE ACUERDO

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez se contenido del instrumento:

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
1	Temperatura	X		X		X		X	
2	Asentamiento	X		X		X		X	
3	Peso Unitario	X		X		X		X	
4	Porcentaje de Aire Atrapado	X		X		X		X	

	Dimensiones/items	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del Constructo	
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
5	Resistencia a la Compresión	X		X		X		X	
6	Resistencia a la Tracción	X		X		X		X	
7	Resistencia a la Flexión	X		X		X		X	
8	Módulo de Elasticidad	X		X		X		X	

Observaciones (precise si hay suficiencia):

Sin Observaciones

Opinión de Aplicabilidad:

APLICABLE (X); APLICABLE DESPUÉS DE CORREGIR (); NO APLICABLE ()

Apellidos y Nombres del Juez Validador: Larraín Custodio Rogger Fabian

Carrera Profesional: Ingeniería Civil

Grado Académico: Ingeniero Civil y Maestro en Gestión Pública

  
 Rogger Fabian Larraín Custodio  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIB. N° 268800  
 Firma del Juez

**10.2.** Validación de Instrumento sobre el “Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre”

Se obtiene entonces la V de AIKEN por medio de la ecuación.

$$V = \frac{S}{n * (C - 1)}$$

INSTRUMENTOS DE VALIDACION ESTADISTICA  
CON CRITERIO JUECES EXPERTOS Y CRITERIO  
MUESTRA PILOTO

**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS**

**INSTRUMENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE**

CLARIDAD								
	Propiedades Físicas del Concreto				Propiedades Mecánicas del Concreto			
	Temperatura	Asentamiento	Peso Unitario	Porcentaje de Absorción	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Flexión	Módulo de Elasticidad
Juez 01	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 02	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 03	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 04	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 05	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	5	5	5	5
n	5	5	5	5	5	5	5	5
C	2	2	2	2	2	2	2	2
V AIKEN por ensayo	1	1	1	1	1	1	1	1
V AIKEN por dimension	1				1			
V de Aiken por criterio	1							

CONTEXTO								
	Propiedades Físicas del Concreto				Propiedades Mecánicas del Concreto			
	Temperatura	Asentamiento	Peso Unitario	Porcentaje de Absorción	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Flexión	Módulo de Elasticidad
Juez 01	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 02	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 03	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 04	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 05	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	5	5	5	5
n	5	5	5	5	5	5	5	5
C	2	2	2	2	2	2	2	2
V AIKEN por ensayo	1	1	1	1	1	1	1	1
V AIKEN por dimension	1				1			
V de Aiken por criterio	1							

CONGRUENCIA								
	Propiedades Físicas del Concreto				Propiedades Mecánicas del Concreto			
	Temperatura	Asentamiento	Peso Unitario	Porcentaje de Absorción	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Flexión	Módulo de Elasticidad
Juez 01	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 02	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 03	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 04	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 05	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	5	5	5	5
n	5	5	5	5	5	5	5	5
C	2	2	2	2	2	2	2	2
V AIKEN por ensayo	1	1	1	1	1	1	1	1
V AIKEN por dimension	1				1			
V de Aiken por criterio	1							

DOMINIO DEL CONSTRUCTO								
	Propiedades Físicas del Concreto				Propiedades Mecánicas del Concreto			
	Temperatura	Asentamiento	Peso Unitario	Porcentaje de Absorción	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Flexión	Módulo de Elasticidad
Juez 01	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 02	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 03	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 04	1	1	1	1	1	1	1	1
Juez 05	1	1	1	1	1	1	1	1
S	5	5	5	5	5	5	5	5
n	5	5	5	5	5	5	5	5
C	2	2	2	2	2	2	2	2
V AIKEN por ensayo	1	1	1	1	1	1	1	1
V AIKEN por dimension	1				1			
V de Aiken por criterio	1							

V de Aiken del instrumento por jueces expertos

1.00

*Luís Arturo Montenegro Camacho*  
LIC. ESTADÍSTICA  
MG. INVESTIGACIÓN  
DR. EDUCACIÓN  
COESPE 262

**10.3. Confiabilidad del Instrumento sobre el “Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto con Incorporación de Nanopartículas Metálicas de Cobre”**

**Análisis Estadístico de los Datos Procesados**



**VALIDEZ Y CONFIABILIDAD PILOTO PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS DE COBRE**

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
.887	8

Medidas	Dimensiones	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Temperatura	Propiedades Físicas del Concreto	.895	.887
Asentamiento		.593	.883
Peso Unitario		.840	.891
Porcentaje de Absorción		.403	.890
Resistencia a la Compresión	Propiedades Mecánicas del Concreto	.544	.890
Resistencia a la Tracción		.924	.891
Resistencia a la Flexión		.569	.903
Módulo de Elasticidad		.593	.900

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	180469,728	3	60156,576		
Intra sujetos					
Entre elementos	2688853702,31	7	384121957,474	4046,910	.000
Residuo	1993264,293	21	94917,347		
Total	2690846966,60	28	96101677,379		
Total	2691027436,33	31	86807336,656		

En las tablas se observa que, el instrumento es para el análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con incorporación de nanopartículas metálicas de cobre es válido (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es significativo  $p < 0.05$ ) y confiable (el valor de consistencia alfa de cronbach es mayor a 0.80).

*Luís Arturo Montenegro Comacho*  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 MG. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

## XI. Análisis de Normalidad de Datos

La investigación usó una prueba estadística con la finalidad de realizar la comparación entre los datos obtenidos en las pruebas realizadas con concreto patrón y las pruebas con concreto que tiene el cobre como agregado y se evaluó si la diferencia que surge es significativa.

### Pruebas de normalidad

Se llevaron a cabo las pruebas de normalidad para los datos obtenidos para cada tipo de propiedades del concreto físicas y mecánicas, la finalidad de la aplicación de estas pruebas de normalidad es conocer el tipo de prueba estadística de diferencia de medias independientes que se aplicará. Puesto que las observaciones de cada indicador no eran mayores a 50, se aplicó la prueba estadística Shapiro-Wilk.

El criterio para validar hipótesis en el caso de la prueba de normalidad es el siguiente:

- Si el P-Valor  $> 0.05$ , acepta  $H_0$  (normalidad en los datos)
- Si el P-Valor  $< 0.05$ , rechaza  $H_0$  (no hay normalidad en los datos)

### ***Normalidad Propiedades Físicas.***

Se procedió a analizar la normalidad de los datos obtenidos sobre las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ :280 kg/cm<sup>2</sup>, considerando que los indicadores son: temperatura, SLUMP, peso unitario y porcentaje de aire atrapado.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	T° CP	,963	6	,799
	T° CNCu 0.025%	,935	6	,621
	T° CNCu 0.05%	,986	6	,937
	T° CNCu 0.075%	,981	6	,910

	T° CNCu 0.1%	,986	6	,938
SLUMP	SLUMP CP	,850	3	,836
	SLUMP CNCu 0.025%	,829	3	,853
	SLUMP CNCu 0.05%	,932	3	,945
	SLUMP CNCu 0.075%	,875	3	,872
	SLUMP CNCu 0.1%	,896	3	,842
Peso unitario	PU CP	,986	3	,958
	PU CNCu 0.025	,798	3	,109
	PU CNCu 0.05	,947	3	,558
	PU CNCu 0.075	,990	3	,806
	PU CNCu 0.1%	,897	3	,377
Porcentaje de aire atrapado	% CP	,878	3	,841
	% CNCu 0.025	,775	3	,642
	% CNCu 0.05	,871	3	,791
	% CNCu 0.075	,913	3	,859
	% CNCu 0.1%	,882	3	,256

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>.*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	T° CP	,850	6	,875
	T° CNCu 0.025%	,839	6	,634
	T° CNCu 0.05%	,820	6	,714
	T° CNCu 0.075%	,747	6	,658
	T° CNCu 0.1%	,681	6	,745
SLUMP	SLUMP CP	,677	3	,702
	SLUMP CNCu 0.025%	,897	3	,868
	SLUMP CNCu 0.05%	,828	3	,805
	SLUMP CNCu 0.075%	,740	3	,694
	SLUMP CNCu 0.1%	,904	3	,891

Peso unitario	PU CP	,817	3	,804
	PU CNCu 0.025	,839	3	,801
	PU CNCu 0.05	,827	3	,936
	PU CNCu 0.075	,937	3	,845
	PU CNCu 0.1%	,952	3	,956
Porcentaje de aire atrapado	% CP	,895	3	,892
	% CNCu 0.025	,717	3	,848
	% CNCu 0.05	,849	3	,763
	% CNCu 0.075	,940	3	,867
	% CNCu 0.1%	,954	3	,801

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

### **Normalidad de las Propiedades Mecánicas**

Después se procedió a realizar el análisis la normalidad de los datos obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> a 7 días, considerando que los indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> (7días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,750	3	,612
	RC CNCu 0.025%	,729	3	,574
	RC CNCu 0.05%	,683	3	,635
	RC CNCu 0.075%	,678	3	,546
	RC CNCu 0.1%	,538	3	,745
Resistencia a la tracción	RT CP	,379	3	,309
	RT CNCu 0.025%	,470	3	,401

	RT CNCu 0.05%	,439	3	,648
	RT CNCu 0.075%	,790	3	,561
	RT CNCu 0.1%	,589	3	,394
Resistencia a la flexión	RF CP	,266	3	,257
	RF CNCu 0.025	,356	3	,456
	RF CNCu 0.05	,358	3	,367
	RF CNCu 0.075	,453	3	,571
	RF CNCu 0.1%	,345	3	,427
Módulo de elasticidad	ME CP	,565	3	,478
	ME CNCu 0.025	,519	3	,726
	ME CNCu 0.05	,401	3	,536
	ME CNCu 0.075	,419	3	,392
	ME CNCu 0.1%	,479	3	,482

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> (7días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,416	3	,412
	RC CNCu 0.025%	,362	3	,320
	RC CNCu 0.05%	,239	3	,291
	RC CNCu 0.075%	,402	3	,429
	RC CNCu 0.1%	,462	3	,385
Resistencia a la tracción	RT CP	,213	3	,561
	RT CNCu 0.025%	,312	3	,273
	RT CNCu 0.05%	,345	3	,472
	RT CNCu 0.075%	,429	3	,462
	RT CNCu 0.1%	,406	3	,421
Resistencia a la flexión	RF CP	,460	3	,391
	RF CNCu 0.025	,462	3	,517

	RF CNCu 0.05	,473	3	,624
	RF CNCu 0.075	,420	3	,534
	RF CNCu 0.1%	,573	3	,621
	ME CP	,289	3	,551
	ME CNCu 0.025	,397	3	,428
Módulo de elasticidad	ME CNCu 0.05	,463	3	,639
	ME CNCu 0.075	,520	3	,542
	ME CNCu 0.1%	,404	3	,401

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal. A continuación, se procedió a realizar el análisis la normalidad de los datos obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> a 14 días, considerando que los indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> (14 días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,275	3	,517
	RC CNCu 0.025%	,334	3	,539
	RC CNCu 0.05%	,214	3	,427
	RC CNCu 0.075%	,342	3	,437
	RC CNCu 0.1%	,352	3	,481
Resistencia a la tracción	RT CP	,299	3	,452
	RT CNCu 0.025%	,374	3	,501
	RT CNCu 0.05%	,356	3	,542
	RT CNCu 0.075%	,412	3	,482
	RT CNCu 0.1%	,378	3	,500
	RF CP	,372	3	,617

Resistencia a la flexión	RF CNCu 0.025	,346	3	,449
	RF CNCu 0.05	,325	3	,440
	RF CNCu 0.075	,321	3	,454
	RF CNCu 0.1%	,304	3	,405
Módulo de elasticidad	ME CP	,301	3	,429
	ME CNCu 0.025	,350	3	,504
	ME CNCu 0.05	,453	3	,606
	ME CNCu 0.075	,417	3	,527
	ME CNCu 0.1%	,482	3	,481

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> (14 días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,392	3	,223
	RC CNCu 0.025%	,348	3	,369
	RC CNCu 0.05%	,387	3	,367
	RC CNCu 0.075%	,481	3	,389
	RC CNCu 0.1%	,502	3	,401
Resistencia a la tracción	RT CP	,459	3	,392
	RT CNCu 0.025%	,623	3	,348
	RT CNCu 0.05%	,353	3	,374
	RT CNCu 0.075%	,421	3	,484
	RT CNCu 0.1%	,324	3	,476
Resistencia a la flexión	RF CP	,532	3	,327
	RF CNCu 0.025	,376	3	,365
	RF CNCu 0.05	,589	3	,368
	RF CNCu 0.075	,543	3	,561

	RF CNCu 0.1%	,541	3	,403
	ME CP	,517	3	,492
	ME CNCu 0.025	,534	3	,345
Módulo de elasticidad	ME CNCu 0.05	,437	3	,321
	ME CNCu 0.075	,581	3	,432
	ME CNCu 0.1%	,492	3	,598

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

Por otro lado, se procedió a realizar el análisis la normalidad de los datos obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> a 21 días, considerando que los indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> (21 días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,343	3	,501
	RC CNCu 0.025%	,416	3	,659
	RC CNCu 0.05%	,419	3	,472
	RC CNCu 0.075%	,391	3	,325
	RC CNCu 0.1%	,475	3	,409
Resistencia a la tracción	RT CP	,340	3	,406
	RT CNCu 0.025%	,371	3	,415
	RT CNCu 0.05%	,415	3	,411
	RT CNCu 0.075%	,435	3	,607
	RT CNCu 0.1%	,411	3	,534
Resistencia a la flexión	RF CP	,348	3	,289
	RF CNCu 0.025	,451	3	,581

	RF CNCu 0.05	,426	3	,602
	RF CNCu 0.075	,507	3	,539
	RF CNCu 0.1%	,516	3	,492
	ME CP	,456	3	,439
	ME CNCu 0.025	,422	3	,530
Módulo de elasticidad	ME CNCu 0.05	,354	3	,691
	ME CNCu 0.075	,419	3	,429
	ME CNCu 0.1%	,397	3	,682

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> (21días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	RC CP	,591	3	,681
	RC CNCu 0.025%	,604	3	,492
Resistencia a la compresión	RC CNCu 0.05%	,582	3	,452
	RC CNCu 0.075%	,492	3	,673
	RC CNCu 0.1%	,649	3	,736
	RT CP	,681	3	,849
	RT CNCu 0.025%	,489	3	,550
Resistencia a la tracción	RT CNCu 0.05%	,530	3	,639
	RT CNCu 0.075%	,571	3	,746
	RT CNCu 0.1%	,639	3	,520
	RF CP	,585	3	,739
	RF CNCu 0.025	,563	3	,401
Resistencia a la flexión	RF CNCu 0.05	,438	3	,882
	RF CNCu 0.075	,564	3	,470
	RF CNCu 0.1%	,430	3	,536

Módulo de elasticidad	ME CP	,594	3	,837
	ME CNCu 0.025	,520	3	,480
	ME CNCu 0.05	,491	3	,636
	ME CNCu 0.075	,463	3	,574
	ME CNCu 0.1%	,606	3	,578

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal. Finalmente, se procedió a realizar el análisis la normalidad de los datos obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, considerando que los indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> (28 días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	RC CP	,250	3	,652
	RC CNCu 0.025%	,329	3	,231
	RC CNCu 0.05%	,232	3	,727
	RC CNCu 0.075%	,175	3	,989
	RC CNCu 0.1%	,296	3	,446
Resistencia a la tracción	RT CP	,178	3	,547
	RT CNCu 0.025%	,365	3	,456
	RT CNCu 0.05%	,271	3	,481
	RT CNCu 0.075%	,312	3	,602
	RT CNCu 0.1%	,219	3	,528
Resistencia a la flexión	RF CP	,311	3	,382
	RF CNCu 0.025	,420	3	,437
	RF CNCu 0.05	,389	3	,536
	RF CNCu 0.075	,406	3	,802

	RF CNCu 0.1%	,389	3	,872
	ME CP	,379	3	,672
	ME CNCu 0.025	,402	3	,738
Módulo de elasticidad	ME CNCu 0.05	,456	3	,683
	ME CNCu 0.075	,364	3	,694
	ME CNCu 0.1%	,307	3	,737

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

*Pruebas de normalidad para los datos obtenidos en el caso de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup> (28 días).*

Propiedades	Indicadores	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	RC CP	,581	3	,783
	RC CNCu 0.025%	,354	3	,629
Resistencia a la compresión	RC CNCu 0.05%	,634	3	,571
	RC CNCu 0.075%	,346	3	,378
	RC CNCu 0.1%	,481	3	,831
	RT CP	,437	3	,492
	RT CNCu 0.025%	,215	3	,426
Resistencia a la tracción	RT CNCu 0.05%	,372	3	,560
	RT CNCu 0.075%	,521	3	,379
	RT CNCu 0.1%	,673	3	,326
	RF CP	,557	3	,473
	RF CNCu 0.025	,538	3	,398
Resistencia a la flexión	RF CNCu 0.05	,267	3	,672
	RF CNCu 0.075	,391	3	,893
	RF CNCu 0.1%	,532	3	,750
	ME CP	,549	3	,473
Módulo de elasticidad	ME CNCu 0.025	,532	3	,573

ME CNCu 0.05	,628	3	,482
ME CNCu 0.075	,329	3	,764
ME CNCu 0.1%	,410	3	,457

Se observa que el P-Valor (Sig.) de cada indicador en los datos recolectados y analizados excede el 0.05, por ende, se acepta el  $H_0$  y, por ende, la distribución de los datos sería normal.

Todos los análisis estadísticos realizados anteriormente determinaron que los datos analizados presentaban normalidad, entonces se aplicaría una prueba de diferencia de medias dependientes paramétrica, la prueba recomendada en estos casos es la T de Student.

### Análisis inferencial

Para el análisis inferencial de los datos obtenidos sobre las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ :280 kg/cm<sup>2</sup>, considerando que los indicadores son: temperatura, SLUMP, peso unitario y porcentaje de aire atrapado, se usó la prueba no paramétrica T de Student, debido a que la distribución de los datos era normal, se considera el intervalo de confianza al 95%.

El criterio para validar hipótesis es el siguiente:

- Si el P-Valor < 0.05, rechace  $H_0$  (diferencia significativa)
- Si el P-Valor > 0.05, acepta  $H_0$  (no hay diferencia significativa)

*Aplicación de la prueba paramétrica T de Student para propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

Propiedades	Indicadores	T de Student
		Sig. (bilateral)
Temperatura	T° CP & T° CNCu 0.025%	,011
	T° CP & T° CNCu 0.05%	,014
	T° CP & T° CNCu 0.075%	,016
	T° CP & T° CNCu 0.1%	,011

SLUMP	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.025%	,020
	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.05%	,023
	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.075%	,017
	SLUMP CNCu 0.1%	,018
Peso unitario	PU CP & PU CNCu 0.025	,017
	PU CP & PU CNCu 0.05	,018
	PU CP & PU CNCu 0.075	,016
	PU CP & PU CNCu 0.1%	,018
Porcentaje de aire atrapado	% CP & % CNCu 0.025	,021
	% CP & % CNCu 0.05	,023
	% CP & % CNCu 0.075	,026
	% CP & % CNCu 0.1%	,024

En la tabla se observa la aplicación de la prueba paramétrica T de Student a los datos obtenidos en relación con las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados, el P-Valor (Sig.) no excede el valor de 0.05, por ende, se rechaza el  $H_0$  y la diferencia entre las muestras evaluadas es significativa.

*Aplicación de la prueba paramétrica T de Student para propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>.*

Propiedades	Indicadores	T de Student
		Sig. (bilateral)
Temperatura	T° CP & T° CNCu 0.025%	,025
	T° CP & T° CNCu 0.05%	,012
	T° CP & T° CNCu 0.075%	,013
	T° CP & T° CNCu 0.1%	,026
SLUMP	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.025%	,024
	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.05%	,019
	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.075%	,027
	SLUMP CP & SLUMP CNCu 0.1%	,019

Peso unitario	PU CP & PU CNCu 0.025	,018
	PU CP & PU CNCu 0.05	,025
	PU CP & PU CNCu 0.075	,013
	PU CP & PU CNCu 0.1%	,021
Porcentaje de aire atrapado	% CP & % CNCu 0.025	,015
	% CP & % CNCu 0.05	,006
	% CP & % CNCu 0.075	,015
	% CP & % CNCu 0.1%	,018

En la tabla se observa la aplicación de la prueba paramétrica T de Student a los datos obtenidos en relación con las propiedades físicas del concreto en estado fresco  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados, el P-Valor (Sig.) no excede el valor de 0.05, por ende, se rechaza el Ho y la diferencia entre las muestras evaluadas es significativa.

Para el análisis inferencial de los datos obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$ :280 kg/cm<sup>2</sup>, considerando que los indicadores son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad, se usó la prueba no paramétrica T de Student, debido a que la distribución de los datos era normal, se considera el intervalo de confianza al 95%.

El criterio para validar hipótesis es el siguiente:

- Si el P-Valor < 0.05, rechace Ho (diferencia significativa)
- Si el P-Valor > 0.05, acepta Ho (no hay diferencia significativa)

*Aplicación de la prueba paramétrica T de Student para propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

ME CP & ME CNCu 0.1%	,000	,000	,000	,000
----------------------	------	------	------	------

En la tabla se observa la aplicación de la prueba paramétrica T de Student a los datos obtenidos en relación con las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados, el P-Valor (Sig.) no excede el valor de 0.05, por ende, se rechaza el Ho y la diferencia entre las muestras evaluadas es significativa.

*Aplicación de la prueba paramétrica T de Student para propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido f'c: 280 kg/cm<sup>2</sup>.*

Propiedades	Indicadores	T de Student			
		Sig. (bilateral)			
		7 días	14 días	21 días	28 días
Resistencia a la compresión	RC CP & RC CNCu 0.025%	,011	,009	,006	,009
	RC CP & RC CNCu 0.05%	,001	,004	,002	,003
	RC CP & RC CNCu 0.075%	,002	,002	,001	,001
	RC CP & RC CNCu 0.1%	,000	,001	,000	,000
Resistencia a la tracción	RT CP & RT CNCu 0.025%	,011	,010	,011	,009
	RT CP & RT CNCu 0.05%	,007	,004	,004	,002
	RT CP & RT CNCu 0.075%	,002	,002	,001	,001
	RT CP & RT CNCu 0.1%	,000	,000	,000	,000
	RF CP & RF CNCu 0.025	,009	,010	,013	,010

Resistencia a la flexión	RF CP & RF CNCu 0.05	,005	,004	,002	,006
	RF CP & RF CNCu 0.075	,001	,002	,002	,001
	RF CP & RF CNCu 0.1%	,000	,001	,000	,000
Módulo de elasticidad	ME CP & ME CNCu 0.025	,011	,011	,006	,002
	ME CP & ME CNCu 0.05	,006	,004	,002	,002
	ME CP & ME CNCu 0.075	,001	,001	,001	,000
	ME CP & ME CNCu 0.1%	,000	,000	,000	,000

En la tabla se observa la aplicación de la prueba paramétrica T de Student a los datos obtenidos en relación con las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido  $f'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados, el P-Valor (Sig.) no excede el valor de 0.05, por ende, se rechaza el Ho y la diferencia entre las muestras evaluadas es significativa.

**Anexo XII. Panel Fotográfico**



**Panel 01. Obtención del Aditivo de NPMCu**



**Panel 02. Mezcla con el Aditivo de NPMCu**



**Panel 03.** Obtención de Materiales para el DM



**Panel 04.** Panel General del Laboratorio para desarrollar el DM



**Panel 05. Moldes para Encofrado de Probetas**



**Panel 06. Estudio de Agregados para el DM**



**Panel 07.** Panel General del Curado y Clasificación de Probetas



**Panel 08.** Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto – T°



**Panel 09.** Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto – PU



**Panel 10.** Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto – %AA



**Panel 11.** Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto – Slump



**Panel 12.** Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto - RC



**Panel 13.** Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto – RT



**Panel 14.** Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto – RF



**Panel 15.** Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto - ME